TRATTATO

DI LIVELLAZIONE

TOPOGRAFICA

TRATTATO
DI LIVELLAZIONE
TOPOGRAFICA

DI FRANCESCO ZOLA DOTT. IN MATEMATICA

LUOGOTENENTE

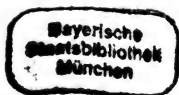
NELL' I. R. REGG. D' INFANTERIA

RE GULIELMO DE' PAESI BASSI N. XXVI

DI S. M. I. R. A.

PADOVA

COI TIPI DI VALENTINO CRESCINI

M. DCCC. XVIII

A SUA ECCELLENZA

IL SIGNOR

CRISTOFORO BARONE DE LATTERMANN

DI SUA CESAREA REALE

MAESTÀ APOSTOLICA

EFFETTIVO INTIMO CONSIGLIERE DI STATO

CAV. DELL'ORDINE MILITARE DI MARIA TERESA

GRAN CROCE DELL' I. R. ORDINE AUSTRIACO

DELLA CORONA FERREA

GENERALE D' ARTIGLIERIA

PROPRIETARIO DI UN REGGIMENTO D' INFANTERIA

E COMANDANTE GENERALE

DEGLI STATI VENETI

ECCELLENZA

Ha circa un anno che ottenni, col Vostro mezzo, il superiore permesso di compiere gli studj matematici in questa celebre Università. Tostochè li ebbi compiti, senza mancare ai doveri del mio servigio, presi ad occuparmi nella più delicata delle operazioni geodetiche dell' ingegnere.

Da tale applicazione ne uscì un' operetta, che racchiude, com' io credo, i migliori precetti stabiliti finora dagli Autori, ed espone in-

sieme parecchie nuove idee sì nella teoria che nella pratica delle livellazioni.

Siffatto lavoro, che spetta all' Idraulica, e ch' è frutto degli studj di un militare, conveniva che si offrisse a Voi, siccome quello che, conoscendo assai bene l' importanza e l'utilità dell'argomento, vorrà gradirlo nell' intenzione che possa recare qualche vantaggio al pubblico, e nella certezza di dare all' offerente la somma compiacenza di palesare come sia con ingenuo sentimento di profondo rispetto e di subordinata devozione

DI VOSTRA ECCELLENZA

L' Umilissimo Obbedientissimo Servitore
FRANCESCO ZOLA.

AL SIGNOR TENENTE

FRANCESCO ZOLA

La Commissione incaricata dall'Accademia a dar conto dell'Opera MSS., intitolata *Trattato di Livellazione Topografica*, che v'è piaciuto, o Signore, di presentarne, ha riportato quel favorevole giudizio, che ben promettevano i vostri talenti. Ella trova pertanto che il vostro lavoro è commendevole sì per l'ordine, e sì per la chiarezza; le pratiche da voi esposte essere geometricamente dimostrate; le modificazioni da voi apportate al Livello ed all'Orosmetro, tendenti a renderne l'uso più sicuro; opportuni i metodi da voi esposti alla verificazione degli stromenti; molta la semplicità nella descrizione delle macchine; infine l'Opera vostra molto utile per la pratica.

Con che abbiamo la compiacenza, o Signore, di aver satisfatto ai vostri desiderj, e vi facciamo lieto augurio a maggiori intraprese.

Dalle Stanze della Cesarea Regia Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti in Padova, questo dì 8 maggio 1818.

LUIGI MABIL Presidente.

GIUSEPPE BARBIERI Segretario.

PREFAZIONE

Ecco una raccolta delle teorie, e delle pratiche più necessarie per eseguire le livellazioni, e per delinearne i profili in qualsivoglia maniera. Un giovane soldato la porge alla luce per non ritenere inutile presso di se un travaglio di cui per propria istruzione ed esercizio si occupò, coll' intenzione di recare qualche vantaggio agli altri nel procurarlo a se stesso.

In un argomento che tanto interessa l'idraulica, e quindi tanto importante pell' utile pubblico, nulla si risparmiò per isvilupparlo possibilmente con evidenza e semplicità. Nessun trattato completo di *livellazione* fu peranche prodotto in Italia, che dimostri geometricamente tutte le operazioni, e che servi di giusta guida agli operatori. Il Baratteri (1), il Perini (2), l'Alberti (3), nelle rispettive opere lasciano desiderare migliori strumenti e metodi più semplici. In Francia il signor Picard col suo sempre bel trattato di livellazione segnò le vie che furono calcate da molti illustri francesi, li quali successivamente composero dei trattati relativi sempre più estesi, e con varietà grande di strumenti alle livellazioni necessarj; ma la teoria approssimativa restò sempre la stessa, le deformità dei profili non vennero mai convenientemente giustificate, e gli strumenti si mantennero di costruzioni assai imperfette.

Il signor Letter Ispettore dell' I. R. Corpo d'acque e strade in queste venete provincie, che per comun voto è il modello degli osservatori idraulici teorico-pratici, non fu mai pago del metodo di formare li profili di livellazione, ma incessantemente occupato nel servizio sollecitò a dedicarvi apposito studio il suo allievo l'ingegnere di seconda classe Marco Zola. Quest' amoroso fratello dell'autore della presente operetta, essendo anche incarica-

---

(1) Architettura d'acque, 1656.
(2) Geometria pratica colle note del Prof. Ventretti, 1773.
(3) Istruzioni pratiche per l'ingegnere civile, 1774.

to dal Governo di proporre un piano di sperienze per conoscere la velocità media delle acque correnti, trovò necessario per tale investigazione che sia tolta ogni deformità nei profili generali dei fiumi, e stimolato così doppiamente ordì il piano di un trattato di livellazione, e ne fece tema di occupazione all'autore, non risparmiandogli la sua fraterna assistenza, perchè il lavoro risultasse della maggiore possibile utilità.

Le teorie esposte nella parte I e le pratiche nella III dimostrano a vicenda la convenienza di togliere le deformità nei profili dei fiumi, che servono a rappresentare il sistema delle pendenze del letto di questi, onde ottenere il profilo *reale* terrestre nello spazio che percorrono.

Le dette due parti giustificano le indispensabili deformità dei profili, che rappresentano molte linee e che chiamansi *apparenti*: offrono gli elementi e l'uso delle tavole per correggere gli effetti di sfericità e di rifrazione nel ridurre li profili *apparenti*, e per formare li proprofili *reali*.

La II parte descrive le costruzioni degli strumenti necessarj per livellare, e fra questi singolarmente di un livello a bolla d'aria, scevro da tutte le imperfezioni finora conosciute, e di un orosmetro, pure perfezionato sì che rende il suo uso molto più utile, combinando precisione e sollecitudine nei rilievi e nei tracciati dei pendii.

La semplicità essendo stata il primo scopo nel travaglio, limitandosi alle necessarie, si sono ommesse le descrizioni di tutte le altre forme di strumenti immaginati per le livellazioni, tanto più che il celebre signor Professore Collalto le comprende nella sua grand'opera sugli strumenti matematici, la quale non tarderà ad essere pubblicata a generale vantaggio.

Le diverse rettificazioni degli strumenti, l'uso di questi in campagna, ed il metodo di registrarne li rilievi, unitamente alla ragionata pratica delle livellazioni, ed alla riduzione e disegno di ogni sorta di profili, formano il soggetto della parte III.

Tale in compendio è l'argomento di quest'operetta, che se potrà in qualche parte essere di pubblico giovamento, avrà procurato al suo autore il miglior premio desiderabile alle sue fatiche.

INDICE

PARTE PRIMA

TEORIA DELLA LIVELLAZIONE

PARTE II

COSTRUZIONE DEGLI STRUMENTI NECESSARJ PER LIVELLARE.

PARTE III

PRATICA DELLA LIVELLAZIONE

TAV.		PAG.

TAVOLE NUMERICHE

PELLA RIDUZIONE DEI PROFILI

PARTE PRIMA

TEORIA DELLA LIVELLAZIONE

CAPITOLO PRIMO

ESAME DEI PRINCIPJ PELLA LIVELLAZIONE E PEI PROFILI

ARTICOLO PRIMO

Rapporto della Livellazione colla Figura della Terra.

§ 1. La figura della terra è una sferoide, il cui schiacciamento ai poli venne determinato a circa 1/333 dell' asse maggiore, ch'è il diametro dell'equatore; ma per istabilire la posizione dei punti di livello, rispettivamente al centro dei gravi, negli oggetti topografici fu sempre considerata sferica la figura della terra.

§ 2. Posto ciò l'oggetto delle livellazioni in generale si è quello di conoscere la differenza delle distanze dal centro della terra di quanti si vogliano punti sulla superficie di essa, per quindi rilevare li rispettivi rapporti di altezza fra loro.

§ 3. Tutti i punti, che sono egualmente distanti dal centro, si troveranno anche in una stessa superficie sferica, e però saranno tutti nel medesimo livello. Da tale principio risulta che una serie continua di punti esistenti in uno stesso piano, e nel perimetro della sezione di una superficie sferica, che si suppone tagliata dal detto piano, passando pel centro della sfera, ed egualmente distanti dal centro stesso, forma un perimetro circolare.

§ 4. Siccome poi è impossibile di trovare nella superficie terrestre una considerabile serie continua di punti, come nel precedente §, egualmente distanti dal centro

della terra (ciocchè non potrebbesi ottenere se non mediante una lunghissima zona d'acqua stagnante); così è permesso di supporre una circonferenza descritta, dal centro terrestre, con un raggio che termini a livello della superficie del Mare, che supponesi stagnante, e poi si determina quanto tutti li punti dell'andamento terrestre superficiale sieno sotto o sopra la detta circonferenza (che chiamasi *livello vero*) mediante le operazioni, che si descriveranno.

§ 5. Osservisi nella *fig.* 1. la sfera terrestre veduta in projezione retta, in cui dal punto *A* parte un gran fiume *A B C*, che si va a scaricare nel mare *C D*. Osservisi poi la *fig.* 2, nella quale il cerchio massimo *A P O C*, rappresenta il piano che taglia la sfera della *fig.* 1 sulla linea *M N*. Nella *fig.* 2 il cerchio massimo stesso, ch'è il *livello vero*, coincide colla superficie del mare, la quale, essendo stagnante, è a livello, attesa la teoria dell'equilibrio dei fluidi. La linea irregolare *Q F C* rappresenta il fondo del fiume dal punto più sublime Q, sino al suo scarico in *C* della sua foce in mare. Le distanze misurate in direzione del centro *Z*, tra il *livello vero A B C*, e l'irregolare andamento del fondo del fiume *G F C*, formano l'oggetto delle livellazioni topografiche, e delle speculazioni idrauliche nel corso delle acque.

ARTICOLO II

Idea della Livellazione topografica, e del Profilo apparente, e giustificazione delle deformità di questo.

§ 6. Col mezzo di uno strumento che chiamasi *livello* dirigesi la visuale ottica sopra un'asta chiamata *scopo*, che con una *mira*, scorrente nell'asta stessa, serve a determinare la posizione del punto, su cui appoggia lo *scopo*, rispettivamente alla visuale suddetta, che viene nominata *livello apparente*, e quindi si hanno gli elementi necessarj per conoscere le distanze, in direzione centrale, dei punti livellati col *livello vero*.

Con questi elementi, e previe le necessarie riduzioni, si rappresenta in disegno la posizione di tutti i punti livellati, ed unendo li rispettivi punti con una linea si ottiene il perimetro nella superficie terrestre della sezione che supponesi fatta nella terra, onde osservarne la sua

figura in quella direzione che si vuole. Tale perimetro chiamasi *profilo*, ed è chiaro che dovrebbesi delineare simile al naturale. La necessità però di rappresentare in uno stesso *profilo* di un fiume diverse linee (come sarebbero, quella del fondo; quella del pelo della *magra*, ossia della superficie dell' acqua la più bassa nel fiume; quella della *massima piena*, ch' è la superficie della maggior elevazione del fiume stesso; quelle della superficie della campagna a destra ed a sinistra del fiume; quelle delle sommità degli argini ec.) obbliga di usare nella delineazione del *profilo* due scale; l'una per le misure delle lunghezze, e l' altra per quelle delle altezze, e la loro proporzione devesi regolare in modo, di ottenere una sufficiente distinzione delle linee, e di tenere quanto è possibile limitata la lunghezza del foglio, onde avere sott' occhio prontamente li rapporti delle linee fra loro in tutta la lunghezza del *profilo*. Se si adoperasse una scala sola per le altezze, e per le lunghezze, il foglio del *profilo* riescirebbe eccedentemente lungo, ove la scala fosse tale da bene distinguere li rapporti delle linee; e riescirebbe poi tanto confuso, da non far conoscere alcuna distinzione fra le linee, ove la scala fosse in modo ridotta da fare contener il *profilo* in un foglio di moderata lunghezza.

§ 7. Per tali motivi è forza di sfigurare il *profilo*, ed ecco il metodo che si usa.

Si conduce una retta orizzontale indefinita, che viene stabilita in un determinato rapporto con uno dei punti principali della livellazione, e questa linea si usa di tenerla sempre superiore ai punti tutti delle altre linee, che ad essa vengono riferiti.

In questa orizzontale, ch' è paralella al *livello apparente*, colla scala delle lunghezze si segnano successivamente le distanze misurate sulla terra tra li punti osservati, e si notano anche in numero le corrispondenti misure sopra o sotto di essa.

Dalle designazioni nell'orizzontale si calano altrettante perpendicolari, ed in queste si notano le rispettive depressioni trovate colla riduzione di tutte le orizzontali delle diverse stazioni di livello (le quali ridotte ad eguale distanza dal centro, formano un poligono inscritto alla terra) alla sola comune orizzontale, supponendo quelle a questa sempre paralello. Finalmente si uniscono li ri-

spettivi punti marcati in ogni perpendicolare dalle linee continue costituenti il *profilo di livellazione*, che deve figurare gli andamenti livellati.

Le correzioni per la sfericità e pella rifrazione, delle quali si parlerà in appresso, non si fanno che parzialmente, onde conoscere il vero rapporto di livello fra due punti, che nella stessa stazione non si sono osservati con eguali distanze.

Tale è in compendio il metodo per formare il *profilo* di qualsivoglia livellazione, e nella Parte III lo si esporrà con tutto il dettaglio desiderabile, bastando per ora questi cenni generali per intelligenza delle seguenti osservazioni.

Il *profilo* risultante coll' esposto metodo è ben lontano dall' esser simile all' andamento terrestre, e tre sono le ragioni che tendono ad alterare siffatta simiglianza.

La prima è la diseguaglianza delle scale per le lunghezze e per le altezze: la seconda si è l' ipotesi che tutte le orizzontali ridotte delle diverse stazioni di livello, non sieno lati d' un poligono inscritto alla terra; ma sieno tutte in direzioni paralelle fra loro, e paralelle altresì alla retta orizzontale, cui è riferito tutto il *profilo*: infine la terza ragione, che altera la simiglianza, si è che le perpendicolari del *profilo*, essendo normali alla tangente, e non all' arco, si conservano all' infinito paralelle, mentre dovrebbero tutte incontrarsi nel centro terrestre.

La differenza della scala è necessaria per non confondere le linee di andamento, e le brevi distanze dei punti di livello di ogni stazione. Il paralellismo delle orizzontali, e quello delle verticali sono indispensabili a supporsi perchè gli andamenti terrestri delineati abbiano li rapporti colla retta orizzontale, ch' è il *livello apparente*, eguali a quelli, che hanno realmente col *livello vero*, ossia col cerchio tangente nell' estremo superiore il *livello apparente*, e che ha per raggio il raggio della terra.

ARTICOLO III

Fondamenti pel profilo reale.

§ 8. Il *profilo* pertanto eseguito col metodo fin qui dichiarato, si chiamerà *profilo apparente*, giacchè serve

ad esprimere li rapporti di sovrapposizione tra li diversi andamenti delineati, colla distinzione di tutti li punti battuti col livello; ma non mai a figurare con simiglianza il perimetro della sezione terrestre. Ma se l'oggetto dei *profili generali* si è quello di rappresentare simile il perimetro della sezione di un corpo qualunque, affinchè servi alla conoscenza dei rapporti tra questo corpo e gli altri corpi, che sopra il detto perimetro devono adattarsi in quiete od in moto, sembra che questi rapporti (complicatissimi per le molte circostanze fisiche negli oggetti idraulici, e singolarmente nel corso delle acque) non debbano che soffrire sensibile alterazione sfigurandone il *profilo*, giacchè col *profilo apparente* il letto dei fiumi apparisce d'un andamento concavo, mentre effettivamente egli è convesso (1).

Questa è l'idea che fu origine della presente operetta, con cui esponendo li migliori precetti che si hanno ond'eseguire accuratamente le livellazioni, e giustificando coll'indicazione dei casi di uso indispensabile le deformità del *profilo apparente*, si propone poi un metodo facile per formare il *profilo reale* della terra da rappresentarsi, come già si costuma, con una sola linea lungo il letto del fiume, quando si tratta di far conoscere li rapporti delle principali sue pendenze. Pel *profilo reale*, una sola essendo la linea di andamento terrestre che si considera, e non tanto vicini gli estremi delle pendenze principali, cessa il bisogno che vi è pel *profilo apparente* di adoperare due scale nella sua delineazione, e però ogni deformità sarà tolta.

§ 9. Escludendo le approssimazioni, la Geometria e la Trigonometria daranno le basi a questo metodo, e quindi si procurerà di operare giustamente nell'atto che si appronta l'elemento il più importante per le speculazioni dell'Idraulica; poichè questa scienza è pur troppo avvolta d'oscurità e d'incertezza ne'principj fondamentali, che dipendono dai fisici fenomeni. Per quanto riguarda la teoria del *profilo apparente*, dopo le ragioni esposte, che giustificano la sua deformità, nulla più resta a dirne, senonchè se ne troveranno le applicazioni nella Parte III.

Il *profilo reale* poi riconosce principj diversi da quelli

(1) Vedi § 167, Parte III.

dell' *apparente*. Esso è riferito al *livello apparente*, aggiungendo o sottraendo le differenze dei punti livellati, sotto o sopra del *livello vero*, all'eccesso costante, sotto il medesimo angolo centrale, del *livello apparente* sopra il *livello vero*; non potendosi graficamente descrivere il *livello vero* con un raggio proporzionale al raggio terrestre, giacchè per quanto sia picciola la scala devo però essere atta a distinguere le distanze dei punti livellati, e però sommamente lungo risulterebbe il raggio descrivente.

§ 10. Pertanto devonsi assegnare li costanti rapporti tra il *livello apparente* ed il *vero*, i quali sono eguali a quelli della tangente col cerchio.

Le misure che prendonsi sul terreno stabiliscono le misure degli angoli centrali. Conoscendo questi angoli, si conoscono le misure delle rispettive tangenti, gli angoli che formano le tangenti con le secanti, e quindi le parti esterne delle secanti intercette tra la tangente e la circonferenza, quali parti intercette sono appunto gli eccessi del *livello apparente* sopra il *vero*. È da osservarsi, ch'essendo le secanti perpendicolari al *livello vero*, ossia alla circonferenza, sono esse le *normali* del *profilo*, per cui devesi agli eccessi trovati dedurre od aggiungere le differenze dei punti determinati colla livellazione, sopra o sotto del *livello vero*, il quale è supposto coincidere colla superficie del mare.

Da ciò risultano gli elementi per formare una tavola, che offre il modo di descrivere per punti un cerchio senza centro, simile ad un cerchio massimo della terra; giacchè, essendo calcolata per una ottava parte della circonferenza, è chiaro ch'è sufficiente a fare il *profilo* anche di tutta la terra occorrendo.

CAPITOLO II.

COSTRUZIONE DELLE TAVOLE RELATIVE ALLA RIDUZIONE DEI PROFILI

ARTICOLO PRIMO

Idea sulla nuova misura metrica usata nelle tavole.

§ 11. Nella divisione della circonferenza, ovvero nella misura degli angoli, si ritenne la divisione centesimale nel quadrante, in vece che la nonagesimale 1.° perchè la misura metrica, ch'è il frutto degl'immensi travagli di tanti celeberrimi matematici, che dedicaronsi a misurare la terra, onde dedurre la sua figura, merita di essere adottata per universale, almeno in Italia, onde far dimenticare per sempre l'infinità di vecchie misure, che capricciosamente erano scelte in ogni Distretto, per non dire in ogni Comune, di questo clima; 2.° perchè la misura degli angoli si ha direttamente, senza bisogno di calcolo, dalla misura degli archi terrestri col metro; 3.° perchè finalmente, li laboriosi calcoli, che occorsero per le indicate tavole, benchè siensi fatti coi logaritmi avrebbero costata ancor più fatica nel maneggio delle frazioni.

Il globo terrestre, essendo un oggetto unico ed inalterabile, fu scelto per elemento costante della misura metrica; giacchè le braccia, i piedi, i palmi ec., hanno tanta varietà, quanta ne ha la statura degli uomini. Il metro che costituisce l'unità della nuova misura, ed è base di tutte le misure lineari, superficiali e solide, come anche del peso (1), fu così chiamata dalla voce greca μετρον, che significa misura, e fu ricavato dalla diecimillionesima parte della distanza dell' Equatore terrestre

(1) L' unità superficiale chiamasi *tornatura*, ed è di 10000 metri quadrati. L'unità solida è lo *stereo*, ed è d'un metro cubo. L' unità del peso è il *kilogrammo*, ed è uguale al peso di un decimetro cubo di acqua distillata alla temperatura di 4.° di Reaumur, escluso anche il peso dell' aria.

da uno dei Poli, che ripetuta quattro volte forma un intero circolo meridiano. Dalle accurate misure prese nel Perù dai celebri Bouguer e Condamine, ed in Francia dai celebri Mechain e Delambre, dopo le tante misure rilevate da quasi un secolo dai più insigni matematici in diverse parti della terra, fu definitivamente determinato cogli studj di una Commissione composta dai più rinomati matematici del secolo nostro, che la misura della quarta parte del Meridiano è di piedi parigini 30784440, e però il metro risultò di piedi 3, poll. 0, lin. 11 $\frac{296}{1000}$. Pertanto 10 millioni di metri compongono la quarta parte del Meridiano, che divisa in 100 gradi, ogni grado risulta di 100000 metri; e considerato ogni grado di 100 minuti primi, ogni minuto è di 1000 metri; finalmente il minuto secondo, essendo la centesima parte del primo, risulta di metri 10.

§ 12. Tali notizie sul nuovo sistema metrico si *sono* esposte per dare un'idea precisa degli angoli, che servirono nei calcoli delle Tavole.

La Tavola I. serve a tradurre prontamente li gradi, minuti, e secondi centesimali, in gradi nonagesimali, ed in minuti, e secondi sessagesimali.

La Tavola II serve alla corrispondenza inversa della I.

Sulle basi esposte, e cogli elementi, che si faranno in appresso conoscere si è calcolata la Tavola III pella determinazione del *livello vero* colla misura dell' arco terrestre.

La Tavola IV è un transunto della Tavola III, e serve a trovare a colpo d' occhio la misura della tangente, e dell' eccesso del *livello apparente* sopra il *livello vero*, per ognuno dei 50 primi gradi centesimali del quadrante.

Queste Tavole, di cui si spiegherà l'uso pel *profilo reale* singolarmente, servono poi anche pella riduzione dell' *apparente*, nella correzione dell' effetto di sfericità, pei punti livellati in una stessa stazione a distanze diseguali.

§ 13. Prima di passar oltre è importante di fare un'altra osservazione riguardo al *profilo reale*.

Li serpeggianti andamenti dei fiumi non possono venir distesi nel *profilo reale* (come si può ben fare nell' *apparente*), perchè allora occuperebbero un arco terrestre molto più lungo di quello compreso dai loro es-

tremi, e quindi si deprimerebbero più del dovere tutti li punti del livello, applicandovi le riduzioni della tavola III.

A ciò conviene riparare conducendo nella mappa del fiume una sola retta, che passi per mezzo ai serpeggiamenti, ovvero alla zona che comprende tutto l'andamento del fiume, e questa retta rappresenterà il cerchio massimo, a cui devono coincidere il *livello vero* ed il *profilo reale.*

A questa retta si ordineranno verticalmente tutti li punti osservati colla livellazione, lungo il fiume, e si rileveranno le misure di tutte le porzioni intercette fra le ordinate. Queste intercette saranno effettivamente gli aumenti successivi dell'arco, di cui si troveranno le relative tangenti, quindi gli angoli di esse colle secanti, ed infine le parti esterne di queste per giungere all'arco ossia al *livello vero.*

ARTICOLO II

Elementi delle Tavole III e IV pella corrispondenza del livello vero *coll'* apparente.

§ 14. Dietro quanto si è dimostrato risulta, che per conoscere l'effetto della sfericità in ogni arco *A C* (*fig.* 3) misurato sulla superficie terrestre sino all'ottava parte della circonferenza, bisogna trovare: 1.° la misura della rispettiva tangente *A D*; 2.° l'angolo *A D B* formato dalla *radiale* (1) secante *B D* colla tangente *A D*; 3.° la misura della sotto-tangente *CD* (che unitamente al raggio forma la secante *radiale B D*), e si avrà il preciso eccesso del *livello apparente* sopra il *livello vero.*

1.° La Geometria insegna pei triangoli simili rettangoli *A B D*, *E B C* la seguente analogia *B E* : *E C* : : *A B* : *A D* (Vedi Prop. IV, libro VI Euclide), e su questa base la Trigonometria piana (essendo noti nel triangolo rettangolo *A B D* il lato *A B*, ch'è il raggio terrestre di metri 6366198, e l'angolo adjacente *B*; vo-

(1) Chiamasi secante coll' aggettivo *radiale* per dimostrare ch'essa comprende il solo raggio, come si assume in Trigonometria, e per distinguerla dalla secante geometrica, che in appresso chiamasi secante *diametrale*, perchè comprende tutto il diametro.

lendo conoscere il lato $A\ D$ opposto all'angolo dato) assegna la formula $A\ D = \frac{sen.\ A\ B\ C \times A\ B}{cos.\ A\ B\ C}$.

Questa formula, che sostanzialmente è quella con cui sono calcolate nelle tavole trigonometriche le tangenti od i loro logaritmi, servì per calcolare le tangenti nella Tavola III, come anche quelle della Tavola IV.

2.° L'angolo della secante colla tangente si trovò facilmente facendo $A\ D\ B = 100.° - A\ B\ D$, già noto dalla misura dell'arco.

3.° L'eccesso $D\ C$ del *livello apparente* $A\ D$ sopra il *vero* $A\ C$ si può avere collo stesso principio geometrico che $B\ E : A\ B :: B\ C : B\ D$; e però cercando l'ipotenusa $B\ D$ colla cognizione del lato $A\ B$, sempre eguale al raggio terrestre, e dell'angolo B nel triangolo rettangolo $B\ A\ D$, si avrà la formula trigonometrica: $B\ D = \frac{A B \times R}{cos.\ B}$ e quindi $D\ C = B\ D - B\ C$.

Questa formula si risolve con somma facilità mediante i logaritmi, poichè log. $(A\ B \times R)$ è sempre $=$ 6. 8038801, essendo $A B =$ mt. 6366198, ed $R = 1.$, dunque log. $B\ D = l.\ 6.\ 8038801 - l.\ cos.\ B$.

§ 15. Da ciò rilevasi, che questo modo di calcolare l'eccesso del *livello apparente* sopra il *vero* non è poi di molto più complicato del metodo, con cui furono sin ora calcolate le tavole, che danno queste correzioni nelle livellazioni. Il signor Picard (1), li signori Wiebeking e Kröncke (2), ed il signor Puissant (3), e quanti altri trattarono sulle livellazioni, non considerarono necessario di correggere l'effetto di sfericità, che parzialmente nel paragone di livello in due punti A e C, collocando in A lo stromento ed in C lo scopo.

Pertanto le loro tavole di correzione furono limitate alla maggior distanza, che possibilmente può accadere di dare ad una *battuta* di livello; il primo la determinò a 4000 tese parigine; li secondi la estesero sino a 6000 tese medesime; ed il terzo, che riportò quella del signor Busson-Descars (4) si limitò a metri 10000.

---

(1) Traitè de Nivellement.
(2) Allgemaine Theoretisch-practische Wasserbaukunst.
(3) Traitè de Topographie d'Arpentage et de Nivellement.
(4) Essai sur le Nivellement.

La proposizione 36 del lib. 5.° di Euclide fu da tutti concordemente adottata per base della misura di DC, poichè essendo $AD^2 = DH \times DC$, e $DC = \frac{AD^2}{DH}$, ovvero l'eccesso del *livello apparente* sopra il *livello vero*, risulta dal quadrato della tangente AD, diviso per la secante *diametrale* DH; e facendo $AD = a$; $CH = d$; $DC = s$: si avranno li successivi valori di DC dalla formula $s = \frac{a^2}{d + s}$.

Li sunnominati rispettabili Autori, non avendo calcolato il valore di DC che fino alla distanza di 10 in 12000 metri, cioè ad un decimo o poco più di grado centesimale, ragionevolmente trascurarono la parte esterna s, nel dividere il quadrato della tangente a; perchè fino a quel massimo limite, non essendo eguale che a metri 11, 31, così dividendo il quadrato della tangente pel diametro d = metri 12732395, sommato con s = metri 11, 31, il quoziente risulta sensibilmente eguale, anche trascurando la minima quantità di s nel divisore, e si ottiene così una grande brevità nel comporre la tavola delle correzioni di livello colla semplice formula $s = \frac{a^2}{d}$, ch'è appunto quella di cui tutti fin ora si sono serviti.

Qualora, come si è precedentemente dimostrato necessario, debbasi trovare il valore di s fino a 5 milioni di metri misurati sull'arco, allora conviene tener conto nel divisore anche della quantità s, altrimenti vi sarebbe un errore sensibilissimo quanto più grande è la misura dell'arco.

§ 16. È ben noto che le tavole de' logaritmi a sette cifre non hanno sempre il loro settimo decimale giusto, e perciò non si può avere il numero esatto che per 6 cifre, benchè spesso è piccolo assai l'errore nella settima, anzi talora niuno. Quindi essendo indispensabile di adoperare i logaritmi per abbreviare li calcoli, bisogna però osservare che le anomalie dipendenti dalla natura dei logaritmi non riescano fisicamente sensibili riguardo alla quantità che si cerca.

Fu per questa ragione che nella Tavola III gli eccessi del *livello apparente* nei quattro primi gradi furono al-

trimenti calcolati che colla precedente formula, e si è approfittato della serie proposta dal signor Puissant al N.° 76, pag. 215 del più volte citato suo trattato di Topografia ec.

Ritenendo le stesse denominazioni del § precedente, e per primo termine della serie la stessa formula $s = \frac{a^2}{d}$, li successivi valori di s saranno s_1, s_2, s_3, ec.... ed ecco la serie $s_1 = \frac{a^2}{d}$; $s_2 = \frac{a^2}{d + s_1}$; $s_3 = \frac{a^2}{d + s_2}$ ec...:

Per modo tale si ottiene, sommando costantemente al diametro l'eccesso trovato nel termine precedente, il valore di qualsivoglia eccesso di livello con tutta l'approssimazione che si può desiderare.

Tali sono pertanto gli elementi che servirono per formare la Tavola III, destinata a dare li rapporti del *livello vero* coll' *apparente* per tutti li 50 gradi centesimali, per tutti li minuti centesimali dei primi 10 gradi, per ogni 10 secondi centesimali dei 10 primi minuti del primo grado, e per ogni due secondi dei due primi minuti dello stesso primo grado.

È facile di avere la misura delle tangenti, e degli eccessi del *livello apparente* sopra il *vero* per ogni 10 secondi intermedj ai minuti calcolati sino ai 10 primi gradi, giacchè non trattasi che di prendere le differenze tra due contigui minuti tanto nelle tangenti, che negli eccessi, e partirle in 10 parti, onde aumentarne rispettivamente la tangente, e l'eccesso del minuto antecedente, di una parte per 10''; di 2 per 20'' ec., finchè aggiunte tutte le 10 parti dopo li 100'' si otterranno li risultati eguali a quelli del minuto susseguente. Siccome poi per quanto siasi reso semplice il calcolo, è tanto facile di commettere degli errori involontarj, così si sono studiate più maniere indirette onde verificare tutti li calcoli ed eccole.

ARTICOLO III

Rettificazione delle Tavole precedenti.

§ 17. Due maniere di rettificazione si sono prescelte, che danno nello stesso tempo la prova alle tangenti, ed agli eccessi del *livello apparente*.

La prima è fondata sul famoso teorema Pitagorico per cui $DC = (\sqrt{AB^2 + AD^2}) - BC$ (*fig.* 3.); e perciò numericamente estraendo la radice dal quadrato della trovata tangente, sommato costantemente al quadrato del raggio, quindi diminuendo sempre il raggio si ha l'eccesso del *livello apparente* sopra il *vero*, il quale eguagliando quello della Tavola III assicura ch' esso è giusto, come anche esser giusta la misura della tangente rispettiva.

Di queste prove, veramente faticose se ne sono fatte soltanto saltuariamente 40, li cui risultati furono li più soddisfacenti, giacchè quasi tutte furono eguali alla Tavola III, ad alcune soltanto portano la differenza trascurabile di un metro, dove però gli eccessi di livello sono espressi con sei o sette cifre negli interi.

La seconda maniera è molto più spedita, perchè può essere eseguita col mezzo dei logaritmi, e la formula è precisamente inversa di quella del § 15, giacchè $AD = \sqrt{DH \times DC}$, (*fig.* 4.), e con espressione generale $a = \sqrt{(d + s)s}$. Questa prova fu fatta ad ogni 10 minuti primi della Tavola III fino ai 10 gradi, e ad ognuno dei successivi 40 gradi. Parimenti questa prova offrì soddisfacentissimi risultati, essendo per lo più eguali le tangenti a quelle trovate nella tavola, e se qualche rara volta nelle grandi misure delle sotto tangenti si ebbe una picciolissima differenza (che non superò mai un metro) ciò dipende dalle anomalie logaritmiche, che producono nelle tangenti un errore moltiplicato in ragione della lunghezza della tangente a quella di tutta la secante, cosicchè puossi francamente asserire che tutte le operazioni risultarono senza errori valutabili.

Finalmente per minorare l'effetto delle anomalie si è fatta una generale correzione calcolando le parti delle

secanti di dieci minuti, che sono intercette tra la corda e l' arco.

Poichè fisicamente le $a\,g$, $h\,s$ (*fig.* 4 *bis.*) (essendo parti delle due secanti $g\,r$, $h\,r$, che comprendono un angolo $g\,r\,h$ di soli 10 minuti) devono essere ritenute paralelle, così considerando le parti $q\,x$ delle secanti ad esse intermedie e terminate dalla porzione $g\,h$ della tangente, e della corda $a\,s$, sarà sempre

$$q\,x - a\,g : h\,s - a\,g :: a\,q : a\,s;$$

non differendo la misura della corda $a\,s$ da quella dell' arco $a\,o\,s$ che di 8 diecimillimetri.

Dunque per avere le misure delle parti delle secanti dei 9 minuti intermedj, comprese tra la tangente e la corda, non si ha che da trovare la quantità $h\,s - a\,g$, ed aumentare progressivamente di, $\frac{h\,s - a\,g}{10}$, la $a\,g$.

Trattasi ora di sapere quanto devesi sottrarre da ogni parte delle nove secanti intermedie riferita alla corda $a\,s$ per riferirla all' arco.

Conducasi il diametro $b\,d$ paralello alla corda $a\,s$: si ordineranno normali ad esso le $a\,c$, $q\,p$, $e\,s$, si avrà $b\,c = d\,e = b\,r - a\,t$. Devesi trovare il valore di $m\,q = m\,p - a\,c$. Pel Corollario I, proposizione VIII, e prop. XIII, lib. VI Euclide: $a\,c = \sqrt{b\,c\,(d\,e + a\,s)}$, e parimenti: $m\,p = \sqrt{(b\,c + a\,q)\,(d\,e + q\,s)}$; dunque $mq = [\sqrt{(bc + aq)\,(de + qs)}] - \sqrt{bc(de + as)}$.

Essendo pertanto $b\,r =$ mt. 6366198, ossia al raggio della terra; $a\,s =$ mt. 10000, e nella *fig.* 4, $a\,q =$ mt. 1000; $a\,q' =$ mt. 2000; $a\,q'' =$ mt. 3000 ec.... si otterranno li valori

$$m\,q = m\,q^{\mathrm{VII}}\,;\ m\,q^{\mathrm{I}} = m\,q^{\mathrm{VI}}\,;\ m\,q^{\mathrm{II}} = m\,q^{\mathrm{V}}\,;\ m\,q^{\mathrm{III}} = m\,q^{\mathrm{IV}}\,;$$

essendo finalmente $o\,r = b\,r$; sarà $t\,o = b\,r - a\,c$; e quindi risultano li valori delle secanti intercette tra la corda e l' arco, quali sono notati nella *fig.* 4, che sottratti rispettivamente dalle secanti intercette tra la tangente e la corda, distruggono affatto negli eccessi del *livello apparente* sopra del *vero* le anomalie logaritmiche.

ARTICOLO IV

Idea delle livellazioni Geodetica e Barometrica.

§ 18. Oltre della maniera topografica di livellare indicata al § 6, e per cui si sono esposte finora le necessarie teorie, due altre ve ne sono, cioè la Geodetica, per cui si adopera il cerchio ripetitore, e la Barometrica perchè si eseguisce col barometro.

Il signor Puissant ne' suoi trattati di Geodesia e di Topografia sviluppò colla maggior precisione le teorie, che riguardano le differenze di livello rilevate col mezzo della distanza vera dal punto da paragonarsi fino al Zenit, osservando col cerchio ripetitore; ma siccome è necessario che li punti estremi della livellazione sieno legati da una reticella triangolare; uno de' cui lati preso per base, dev' essere misurato con uno scrupolo particolarissimo; così l' operazione riesce troppo lenta, troppo complicata, e di superfluo travaglio, giacchè finalmente nelle livellazioni non si ricerca tanto scrupolo nelle distanze come lo si richiede per le differenze di livello.

Con eguale preciso sviluppo il signor Puissant nei suddetti trattati espose le teorie per la determinazione delle altezze col barometro, appoggiando e dimostrando le teorie fisico–matematiche di Laplace, e quelle di Ramond, sapiente naturalista; che fece molte osservazioni barometriche nei Pirenei. Siffatta maniera di livellare, quanto è utilissima per le grandi osservazioni geodetiche, altrettanto riesce poco precisa per servire alle livellazioni topografiche, nelle quali devesi tener conto del millimetro, mentre con quella le frazioni delle misure sono grosse parti di metro, o di tesa, e le approssimazioni obbligano poi a delle maggiori tolleranze.

Il signor Bertoncelli nello scorso anno 1817 diede alla luce in Verona un ingegnosissima scala ipsografica per munirne il Barometro, e renderlo capace di far conoscere senza calcolo veruno la misura delle altezze sopra il livello del mare.

Ma siccome non apparisce ch' egli faccia alcuna correzione per causa dell' umidità dell' aria, nè per causa della capillarità del tubo barometrico, che produce una depressione del mercurio, tanto più sensibile quanto è

minore il diametro interno del tubo, così non si saprebbe consigliare di abbandonar gli eccellenti precetti di Puissant per accettare li risultati dell'Ipsometro del signor Bertoncelli, tanto più che le non poche alterazioni, cui può essere soggetta la stessa scala, per quanto bene sia eseguita, non possono che produrre delle considerabili differenze nei risultamenti delle misure.

In ogni modo però che sia determinata l'altezza dei punti osservati geodeticamente, o barometricamente, egli è però certo che bisogna servirsi della Tavola III per rappresentare il *profilo reale* della terra fra li punti osservati.

Senza quindi far torto al merito del signor Bertoncelli pella sua invenzione ingegnosissima, sia permesso di asserire che per chi vuole livellare col Barometro è indispensabile di conoscere quanto scrisse il signor Puissant nei Capitoli XVI e XVII del libro III e nel supplemento alla pag. 315 del trattato di Geodesia, nonchè del Capitolo II del lib. I, del trattato di Topografia.

Lo strumento per altro il più sicuro per fare il profilo esatto di qualunque montagna è l'Orosmetro del Ventretti; e nella parte seconda lo si descrive originalmente con alcune modificazioni, che trovansi necessarie nella sua costruzione e nel suo uso.

ARTICOLO V

Correzione pella rifrazione e Tavola V relativa.

§ 19. Dalla rifrazione della luce nei vapori atmosferici, deriva che un raggio visuale diretto verso un oggetto in vece di camminare rettamente, segue un sentiere più o meno tortuoso, secondo lo stato dell'atmosfera; dovendo il raggio luminoso riflesso dall'oggetto osservato attraversare diversi strati di aria, ch'essendo di variante densità, lo obbligano a deviare continuamente dalla direzione retta assegnata dall'osservatore.

Da ciò rilevasi chiaramente che la rifrazione è molto varia, e che sarebbe impossibile di determinare la quantità delle variazioni in tutti gli stati dell'atmosfera: ma siccome devesi travagliare col livello nei momenti che l'atmosfera è tranquilla; così la curva della rifrazione terrestre può essere considerata circolare a semplice cur-

vatura, e declinante progressivamente dalla direzione retta del raggio visuale, che le serve di tangente; e dagli sperimenti fatti fu conchiuso dal signor Puissant (*Traité de Géodésie Chap. XV*) che chiamando r l'angolo di rifrazione, e C l'angolo centrale, ch' è misurato dalla distanza tra li punti dell'Osservatore e dell'oggetto osservato, si avrà $r = (0,\ 08)\ C$.

Per ritrovare la misura in metri di r, appoggiato al principio che l'angolo OAB (*fig.* 5) formato dalla corda e dalla tangente di un angolo centrale ACO, è misurato dalla metà dello stesso angolo centrale; stabilisce il signor Puissant (1) la seguente analogia approssimativa, attesa la tenuità degli angoli

$$B\,O : o\,O :: ang.\ O\,A\,B : ang.\ O\,A\,o$$

e facendo $B\,O = D\,C$ (*fig.* 4) $= S$; ed $o\,O = \iota$, si ha

$S : \iota :: \frac{C}{2} : (0,\ 08)$ e pertanto $\iota = (0,\ 16)\ S$, cioè

che l'eccesso del *livello apparente* sopra il *livello vero*, moltiplicato pel suo coefficiente costante 0, 16, offre la quantità dell'abbassamento del raggio visuale dalla tangente per effetto della rifrazione terrestre.

§ 20. Il signor Prony (2), riferendosi all'opera del signor Lambert intitolata: *Les propriétés remarcables de la route de la lumière par les airs*, stampata all'Aja nel 1752, stabilisce che il valore medio del raggio della curva di rifrazione può essere considerato septuplo del raggio terrestre, per conseguenza, ritenendo le precedenti espressioni, si avrebbe $\iota = (0,\ 143)\ S$.

Ma trattandosi che il signor Puissant effettuò egli stesso degli esperimenti, sulle tracce di Lambert, di Eulero, di Lagrange, di Laplace e di Delambre, sembra che possa essere preferito il coefficiente del signor Puissant.

§ 21. Ora poi è di tutta necessità di trattenersi ad esaminare come debbasi applicare alle osservazioni fatte la correzione della rifrazione.

(*fig.* 6) Sia da conoscere di quanto il punto B è più lontano dal centro O dalla terra di quello lo è il punto C.

Siano: 1.° la distanza $E\,B$ sul *livello vero* tra li punti

---

(1) Traité de Topographie Arpentage et Nivellement. Liv. IV, § 77.

(2) Architécture Hydraulique Tom. I. Sect. III. Art. 551.

B ed *E* di metri 10000; ovvero l'angolo *O* di gradi centesimali 0.° 10': 2.° il livello *A* in *B*, e lo scopo *F* in *C*: 3.° l'altezza *A B* del livello = mt. 1,450: 4.° *G* sia il punto in cui il raggio visuale per effetto della rifrazione si portò ad incontrare lo scopo: 5.° finalmente *GC*, ch'è l'altezza osservata nello scopo, dal punto di mira *G* fino al punto dato *C*, sia di mt. 38,835; si va ora a determinare la posizione del punto *C* rispettivamente al *livello apparente B H*, ed al *livello vero B E*, avuto riguardo alla rifrazione.

Altezza dello scopo *G C* . . . . . . mt. 38,8350
Si aggiunge l' abbassamento *F G* cagionato dalla rifrazione secondo la Tavola V. . . » 1,2566

Riferimento al *livello apparente* dell' occhio *A* = *F C* = ... » 40,1116
Sottrasi l'altezza del livello *A B*, che nella distanza di mt. 10000 devesi considerare = *FD* = » 1,4500

Riferimento al *livello apparente* del punto *B* = *D C* = ... » 38,6616
In fine sottrasi l' eccesso *D E* del *livello apparente B D* sopra il *livello D E*, quale secondo la Tavola III è di . . . . » 7,8540

Dunque il punto *C* è depresso verso il centro *O* più del punto *B* di . . . . . . mt. 30,8076

Questo esempio fa conoscere chiaramente quale sia il metodo per correggere in due dati punti gli effetti di sfericità e di rifrazione, senza far perdere di vista li rapporti dei due punti dati coi *livelli apparenti*, perchè essi servono a rinvenire graficamente il *livello vero*, e quindi la posizione dei punti ad esso riferiti.

§ 22. Se in vece di riferire il solo punto *C* al punto *B* (*fig.* 7) si dovesse anche riferirvi il punto *C'*, quello distante da *B* mt. 10000, e questo mt. 6500; secondo il metodo precedente si procede prima per *C*, e poscia per *C'*, e si otterranno li rapporti occorrenti col punto comune *B*, e coi comuni livelli *apparente* e *vero*.

Ma se li due punti *C*, e *C'* fossero ad eguali distanze dal punto *B* allora sono superflue tutte le correzioni, semprechè sia trascurato il loro rapporto col punto, dov' è collocato lo stromento con cui si livella, che se poi

si volesse tener conto anche di questo punto allora bisogna operare come dichiara il § 143.

§ 23. Quando la livellazione è composta di varie stazioni di livello per rilevare diversi punti, e quando vogliasi costruire il *profilo reale* colle norme dell' Articolo III precedente, è sempre necessaria la correzione di tutte le altezze, per riferirle al comune *livello apparente*, e la correzione poi per la rifrazione si fa soltanto parzialmente a quelle altezze, che non furono determinate con distanze eguali nella medesima stazione di livello.

§ 24. Da tutto ciò risulta chiaro che non è necessario di unire a tutte le distanze della Tavola per le differenze tra il *livello apparente*, ed il *livello vero* la corrispondente depressione cagionata dalla rifrazione, giacchè tale depressione, non si mette a calcolo nella riduzione de' profili, colla concatenazione con cui si adoperano le suddette differenze, ma isolatamente nelle altezze che ne abbisognano.

§ 25. Siccome non è presumibile che accada il bisogno di fare una battuta di livello a maggiore distanza di mt. 10000, così basterà la Tavola V estratta da quella del signor Puissant (1), mediante la quale si ottengono le depressioni causate dalla rifrazione per ogni mt. 20 di distanza fino a mt. 2000, e per ogni mt. 100 fino a mt. 10000.

§ 26. L' uso delle Tavole III, IV e V verrà ancor più chiaramente applicato a tutti i casi nella parte III, in cui si spiegherà l' apparato per la delineazione di qualsivoglia profilo terrestre.

---

(1) Traité de Topographie Arpentage et Nivellement Tab. IV.

PARTE SECONDA

COSTRUZIONE DEGLI STRUMENTI NECESSARJ PER LIVELLARE

§ 27. Dalla scrupolosissima esattezza nella costruzione degli strumenti, e dalle avvertenze dell'operatore dipende l'esattezza della livellazione, che sopra tutte le operazioni topografiche è quella che richiede intelligenza, somma pazienza, ed instancabile attenzione.

Gli strumenti che servono per le livellazioni in piano sono il *livello* e gli *scopi*, per le misure in piano la *catena metrica* ed il *dublometro;* per le livellazioni e le misure in breve pendenza la *staza* con la *bolla* e le *canne;* e per le livellazioni e misure in monte l'*orosmetro* e la *catena metrica* soltanto.

CAPITOLO PRIMO

ESAME DELLE DIVERSE SPECIE DI LIVELLI

ARTICOLO PRIMO

Qualità generali del livello, ed indicazione delle diverse sue costruzioni.

§ 28. Il livello è uno strumento, che dalla direzione d'una brevissima linea in esso stabilita orizzontale determina la posizione di un punto assai lontano in paragone alla detta linea infinitamente prolungata. Un estremo di detta linea *direttrice* si chiama *occulare*, perchè è il punto nel quale si colloca l' occhio dell' osservatore, e l'altro si chiama *oggettivo*, perchè essendo un punto intermedio nello stesso strumento dell'occulare, fissa la posizione dell' oggetto osservato fuori dello strumento.

In conseguenza di ciò li difetti, pressochè insensibili all'occhio nello strumento, si aumentano nel risultamento dell'osservazione in ragione che si aumenta la distanza dall'oggetto da osservarsi fino all'occulare, sopra la distanza sempre costante, ch'è tra l'occulare e l'oggettivo. È quindi per istabilire questa linea *direttrice* orizzontale che il livello deve marcarla con la maggior precisione e colla maggior possibile inalterabilità, dev'essere facilmente rettificabile, e senza mancare a questi attributi dev'essere della più semplice costruzione ch'è possibile.

§ 29. Tre specie principali di livelli vi sono.

Il *livello d'acqua*, ch'è il più semplice di tutti, consiste in un tubo di diametro uniforme ricurvo agli estremi resi trasparenti, ed assicurato orizzontalmente sopra di un piede qualunque. Questa forma di livello è fondata sulla teoria dell'equilibrio dei fluidi, giacchè riempiuto d'acqua colorata il tubo (in modo che gli estremi ricurvi che si chiamano *boccette*, sieno riempiuti sino alla metà della loro altezza) posto in quiete il fluido marcherà nelle due *boccette* comunicanti due superficie, che sono egualmente distanti dal centro dei gravi, e quindi a livello.

Questo livello non ha bisogno di alcuna rettificazione, ma la difficoltà di applicarvi delle mire od un cannocchiale per guidare sicuramente il raggio visuale, e varie fisiche ed ottiche illusioni, rendono tanto imperfetto questo strumento per determinare la linea *direttrice* dalla superficie del fluido nelle *boccette*, ch'egli fu persino proscritto nelle livellazioni composte di diverse stazioni, ed anche nelle semplici, qualora la distanza della *battuta* sia maggiore di 20 metri.

§ 30. Il *livello a pendolo* è un cannocchiale, nel cui mezzo pende un braccio ad angoli retti col cannocchiale stesso; nell'estremo inferiore del braccio evvi un peso che tiene sempre verticale il braccio, e quindi orizzontale il cannocchiale, nel cui asse passa la linea *direttrice* della livellazione. Bene inteso già che nel sito dell'unione del cannocchiale col pendolo sonvi due orecchioni nei fianchi del suo tubo, che sostenuti da due appoggj approntati nel piede dello strumento, lasciano libera l'oscillazione del pendolo.

Anche questo livello è semplice, ma la necessità di

essere sensibilissimo nel moto degli orecchioni per istabilire verticale il pendolo fa che questo è soggetto a muoversi colla più leggera agitazione dell'aria, che batte il cannocchiale, il pendolo, ed il piede. L'immersione del pendolo in una vasca di mercurio, diminuisce l'effetto dell'aria, ma rende sempre più pesante lo strumento, che diventa incomodo pei trasporti.

Parimenti questa foggia di livello, finchè non venga migliorata nella costruzione, è bandita dalle livellazioni composte.

§ 31. Tanto pel *livello d'acqua*, che per quello a *pendolo* molte forme e variazioni furono proposte; ma con tutto ciò l'uno e l'altro sono soggetti alle inconvenienze esposte nelli precedenri §§.

Il livello, che concordemente viene da tutti preferito si è quello a *bolla d'aria* con *Cannocchiale Acromatico*.

Dalla sublime opera del signor Prony (1) si sono qui riportati li seguenti interessanti cenni sull'applicazione della teoria dell'equilibrio dei fluidi ai livelli a bolla d'aria.

Teoria del tubo pel livello a bolla d'aria e valutazione della sua sensibilità.

A B C c D a (*fig.* 8 *bis.*) è il profilo di un vaso fusato affatto chiuso, di cui le parti *A B C*, ed *a D c* sono incurvate internamente in arco di cerchio; il centro di questo cerchio (per la parte superiore, che basta di considerare) è in *O*. Questo vaso rinchiude un liquore, la cui superficie di livello è profilata dalla curva *N E n*, e lascia in conseguenza nel vaso il vuoto *N B n E N*. La linea *V O T* è una verticale, che concorre al centro terrestre in *T*, e che passa per *B*, mezzo dell'arco *N n*; *X V Z* è una retta di posizione fissa rapporto al raggio *B O*, e quindi anche rapporto al vaso.

La curva *N E n*, pella già dimostrata tendenza delle particelle fluide in equilibrio al concorso diretto nel centro della terra, è un arco, che ha il centro in *T*.

Siano: il ragio $O\,n = r$; il raggio $T\,n = R$, e l'arco $B\,b = a$.

Nella situazione in cui si suppose il vaso, la verticale

(1) Architécture Hydraulique Tom. I, Sect. III, Art. 546.

$V\,T$ si confonde col raggio $B\,O$; ma se si fa un poco cangiare quella situazione al vaso, ovvero che il raggio $B\,O$ s'inclini e prenda la posizione $b\,O$, in allora egli farà con la verticale $e\,T$ un angolo $O\,e\,T$, che suppongasi di 1'' della divisione centesimale, e che si potrà prendere per eguale all'angolo $O\,b\,T$, essendo $b\,e$ infinitamente piccolo rapporto a $b\,O$. L'angolo $X\,V\,T$ diventerà l'angolo $X'\,V'\,T$, e varierà d'una quantità eguale ad $O\,b\,T$ perchè la retta fissa $X\,Z$ divenuta $X'\,Z'$, deve sempre avere la stessa posizione del vaso.

In fine prendendo $N\,N'$ ed $n\,n'$ eguali a $B\,b$ si avranno li punti N' ed n', che nella nuova posizione del vaso, rimpiazzeranno li punti N ed n per dinotare li punti d'incontro della superficie superiore del fluido coll'interna parete del vaso medesimo.

Tutto ciò posto si osserva una relazione tra li raggj $B\,O$, $E\,T$, la lunghezza $B\,b = N\,N' = n\,n'$ e gli angoli $O\,b\,T$, $b\,T\,E$, e questa relazione può facilmente esprimersi con un'equazione. Fatto $B\,T\,b = \omega$, si avrà $B\,O\,b = 1'' + \omega$ (1), e la proporzione

$$1'' + \omega : \omega :: b\,T : b\,O :: R : r;$$

onde $r = \frac{R\,\omega}{1'' + \omega}$. Sostituendo agli angoli 1'' ed ω degli archi col medesimo valore angolare, che abbiano il raggio per unità il prodotto $R\,\omega$ sarà eguale all'arco $E\,e$, pel quale si può prendere l'arco $B\,b$; e come in quest'ipotesi $1'' = 0{,}0000015708$, si avrà

$$r = \frac{a}{0{,}0000015708 + \omega} = \frac{a}{0{,}0000015708}$$

perchè nelle applicazioni $B\,O'$ sarà sempre piccolissimo rapporto ad $E\,T$, e l'angolo $E\,T\,e$, ritenuto $= B\,T\,b$, potrà essere trascurato riguardo all'angolo $O\,e\,T = O\,b\,T$.

Suppongasi che la lunghezza $B\,b = N\,N = n\,n$, sia di un millimetro, ovvero = mt. 0,001 si avrà la lunghezza di $B\,O$, oppure di

$$r = \frac{0{,}001}{0{,}0000015708} = \text{mt. } 636,\ 62:$$

cosicchè l'inclinazione del vaso, che farà variare di un minuto centesimale la posizione del raggio $B\,O$, o della linea $X\,Z$, farà percorrere a ciascuno dei punti N, n,

---

(1) (Proposizione 32. lib. I, Euclide).

uno spazio di 100 millimetri ovvero di mt. 0, 10 lungo l'arco *A B C*, cioè lo stesso spazio che percorrerebbe l'estremo di un pendolo lungo mt. 636, 62, deviando dalla verticale sua posizione di un solo minuto centesimale di grado.

Questa proprietà somministra il mezzo di rendere estremamente sensibili li più piccoli cangiamenti di posizione della linea *X Z* (ch'è la linea *direttrice* indicata al § 28) rapporto alla verticale, e di eseguire un apparato semplice, solido e poco alterabile per costruire un livello.

Nota il signor Prony che un livello è abbastanza esatto quando la sua bolla cammina 15 linee del piede parigino in un minuto sessagesimale d'inclinazione, cioè mt. 0,01827 in un minuto centesimale; avendo l'esperienza provato, che in tal livello l'incertezza sul vero luogo della bolla non produce un errore più grande di $\frac{1}{2}$ linea; ciocchè può sperimentarsi facilmente, puntando il cannocchiale sopra un oggetto lontanissimo. D'altronde la coincidenza di un filo a piombo non può lasciare un incertezza minore di $\frac{1}{50}$ di linea, cioè doppia dell'incertezza che risulta nell'osservazione con un' alidada la quale si stima di $\frac{1}{100}$ di linea. Dietro ciò il raggio della curvatura del tubo, in cui la bolla cammina mt. 0,01827 in 1' centesimale si ha facendo $r = \frac{0,01827}{0,00015708} =$ mt. 116, 3, e per conoscere la lunghezza del pendolo, che darebbe eguale precisione a quella della bolla, cogli indicati rapporti delle incertezze, si troverà che

$$\left(116,3 \times \frac{1}{50}\right) : \left(\frac{1}{2}\right) = \text{mt. } 4,\ 562.$$

Ma anche questa lunghezza di pendolo è troppo grande per essere adattata in uno strumento portatile, e la mobilità, che si suppose nella bolla è tanto moderata, che ben facilmeute può esser fatta maggiore. Si vede dunque che il livello a bolla d'aria è ben preferibile a quello a pendolo tanto per la comodità che per la precisione.

Ma l'avvantaggio del livello a bolla d'aria si perde se il tubo di vetro non è formato colla curva circolare. Se vi fossero irregolarità nella figura del tubo, quando il freddo od il caldo, condensando o rarefando il liquore, ingrandirebbe o diminuirebbe la bolla, dessa non si estenderebbe o raccorcerebbe uniformemente nei suoi due estremi e la sua metà, non servirebbe più a mettere in posizione orizzontale il cannocchiale.

Il signor Chezy, ispettore generale d'acque e strade in Francia fu il primo che diede nel 1768 un metodo per assegnare all'interno dei tubi di vetro la forma loro conveniente, e la sua Memoria è inserita nel Tomo V di quelle presentate alla Reale Accademia di Parigi dai sapienti stranieri. Questa Memoria dimostra anche la teoria della bolla; ma la premessa dimostrazione di Prony quantunque fondata sullo stesso principio geometrico è però più chiara nell'applicazione. Trattandosi poi che la stessa Memoria contiene le più interessanti osservazioni, che possono servire di guida ai diligenti macchinisti, nella costruzione della parte essenziale del livello, si va a farne qui un ristretto.

Ordinariamente dice il sig. Chezy, ed è pur troppo vero anche presentemente, s'impiegano li tubi tali, che sortono dalle vetraje; si si accontenta di sceglierli fra i più retti e fra i più regolari. Si riempiono quasi affatto con lo spirito di vino e si esamina qual'è il lato del tubo dove la bolla, formata dallo scemo interno occupato dall'aria, ha un moto più uniforme e bastantemente sensibile dal mezzo del tubo verso li suoi estremi. L'etere serve meglio dello spirito di vino, ma dev'essere bene rettificato. Il tubo quanto ha più grandi il diametro e la lunghezza, tanto più è preciso, perchè può contenere una lunga bolla, e può diminuire l'effetto capillare. La sensibilità della bolla si valuta dalla misura dello spazio che percorre lungo il tubo, dando a questo delle infinitesime inclinazioni.

Osservò il signor Chezy in un livello de' migliori che si costruivano, che s'esso era esatto il mattino con l'aria fresca, non l'era più verso il mezzo-giorno, in cui l'aria era più riscaldata, ed avendolo nuovamente rettificato pel mezzodì, la sera non era più giusto. La bolla si stendeva più quand'era freddo, e diveniva tanto sensibile che non potevasi tenerla ferma nel mezzo del tubo. Questi

difetti erano piccoli, e per conoscerli occorrevano delle accuratissime osservazioni, tuttavia essendo essenziali inspiravano il desiderio di correggerli.

Si esaminò l'irregolarità della superficie interna dei tubi, nè si potè scuoprirne alcuno che l'avesse regolare. Si pensò, che convenisse lavorare la superficie interna per darle la forma d'un cilindro, o piuttosto d'un fuso, di cui li lati opposti fossero due porzioni di cerchio di lunghissimo raggio. Fu preparata quindi una bacchetta di ferro lunga due volte il tubo; con un cannone cilindrico di ottone, lungo come il tubo, s'investì la bacchetta, e lo si fissò nel mezzo della bacchetta stessa: la grossezza, od il diametro del cilindro di ottone, era quasi eguale al diametro interno del tubo, in cui fatto entrare il cilindretto colla bacchetta, si fermarono gli estremi di questa in un torno. Si umettò con acqua il cilindro per fermare nella sua superficie dello smeriglio finissimo: si fregò leggermente l'interno del tubo lungo il cilindro, facendolo andare e venire in tutta la lunghezza: lo si teneva pel mezzo onde lisciarlo egualmente, e lo si girava intorno l'asse di tempo in tempo, e così si faceva anche alla bacchetta di ferro col mezzo del torno.

Appena cominciata quest'operazione si ruppe il tubo, e molti altri ebbero la stessa sorte, benchè fossero ricotti. Si pensò che lo smeriglio che si attaccava irregolarmente all'ottone facesse rompere il vetro. Si sostituì al cilindro di ottone uno di vetro: lo smeriglio rotolando sopra il nuovo cilindro in vece di attaccarsi, produsse un miglior successo, e si pervenne a lisciare il tubo da tutte le ineguaglianze, in modo che in tutti li punti della circonferenza il tubo ed il cilindro si toccarono esattamente in tutta la loro lunghezza. Si continuò la stessa operazione servendosi di smeriglio di mano in mano sempre più fino, per raddolcire l'asprezza della prima lisciatura, poi lavorati e nettati bene il tubo ed il cilindro, intorno a tutta la superficie di questo s'incollò una carta finissima, si coprì la carta uniformemente con un poco di tripolo di Venezia, e rimesso il tubo intorno al cilindro lo si fregò come prima finchè fu bene lucido.

Un tubo così lavorato può essere sufficientemente sensibile ed esserlo troppo, o troppo poco. Egli sarà troppo poco sensibile, se avanti del suo lavoro, indipendente-

mente dalle ineguaglianze particolari dell'interno del tubo e dell'esterno del cilindro, i loro diametri sieno in totale più grandi nel mezzo che agli estremi, purchè l'eccesso sia molto grande: se l'eccesso è molto piccolo, s' egli è nullo, o se li diametri sono più grandi negli estremi che nel mezzo, allora il tubo è troppo sensibile, la bolla non può tenersi nel mezzo, od anche si divide in due parti, che vanno ai due estremi.

Per correggere questi difetti e dare al tubo la possibile perfezione, avanti che sia interamente raddolcito, si esamina in quale stato egli è; perciò si mette nel tubo, dopo di averlo bene nettato una quantità sufficiente di spirito di vino; si chiudono con turaccioli di sughero gli estremi, e lo si appoggia sopra due cavalletti attaccati ad una riga, della quale si alza o si abbassa un estremo con una vite di micrometro graduata nella testa e con indice si nota il cammino della vite (ovvero si misura l'angolo d'inclinazione): nello stesso tempo si nota lo spazio percorso dalla bolla, e così si conosce il grado di sensibilità del tubo. Se risulta troppo sensibile si lavora novamente il tubo con un cilindro più corto del primo, e se risulta poco sensibile conviene rinovare il lavoro con un cilindro più lungo.

La ragione delle diverse lunghezze dei tubi dipende dalla diversa distribuzione dell'attrito in due piani di uniforme densità che si sfregano reciprocamente con moto uniforme, perchè a larghezze eguali, se li due piani saranno egualmente lunghi si manterranno sempre piani, ed essendo di diverse lunghezze il più corto si comporrà in superficie convessa, ed il lungo in superficie concava. Bisogna avere quindi molti cilindri dello stesso diametro, e di differenti lunghezze, e prima di adoperarli nel lavoro dei tubi, gioverà di lavorarli col torno, e collo smeriglio in una doccia o mezzo cilindro scavato di ottone.

Il tubo che si lavorò era lungo un piede parigino; il cilindro che prima fu adoperato aveva la stessa lunghezza; essendo risultato il tubo troppo sensibile, si continuò a lavorarlo con un altro cilindro lungo da 9 a 10 pollici, e si diminuì la sensibilità. La bolla era lunga 9 pollici, e 4 linee, a 16 gradi sopra lo zero di Reaumur; ed essa caminava una linea per ogni secondo d'inclinazione.

Questo grado di sensibilità soddisfò, ma procedendo

accuratamente si può ottenerne uno quanto si vuole maggiore.

E da osservarsi che un tubo che si lavora internamente è molto soggetto a rompersi; ma non si spezza mai lavorandolo esternamente. Quando la superficie interna è lisciata non si rompe più, e si può impiegare dello smeriglio meno fino senza pericolo.

Li tubi, il cui vetro è grosso, sono più soggetti a rompersi che quando è sottile. Il più grosso smeriglio che siasi adoperato per lavorare il descritto tubo, era tale che impiegava un minuto a discendere nell' acqua dell' altezza di 2 a 3 pollici. Lo smeriglio fino non si ricava collo staccio, ma con l' acqua in vasi, dai quali si fa sortire con siffone per non agitare la deposizione, che secondo il tempo accordatole fa risultare lo smeriglio di un' ora, di $\frac{1}{2}$, di $\frac{1}{4}$, ovvero di minuti e di secondi a norma della finezza maggiore o minore, che si assegna allo smeriglio.

Finalmente si conchiuderà questo già lungo paragrafo coll' indicare ciò che non avvertì il sig. Chezy, riguardo al modo di otturare ermeticamente gli estremi del tubo. La maggior parte degli artisti usano di rastremare li capi del tubo colla fiamma d' una lucerna; ma l' ammollimento che deriva al vetro (roventato dalla forza del carbone che si aumenta nella fiamma col soffio d' un mantice) non può che alterare sensibilmente la regolarità data alla superficie interna del tubo. Quindi sembra fuor di dubbio che sia meglio di preparare, come fa l'illustre signor Utschneider, due dischi di cristallo, esattamente combacianti gli estremi del tubo, col diametro estremo del tubo stesso; quindi l'uno dopo l' altro si adattano, e si cuoprono con una finissima pelle, che si unisce al vetro, mediante un mastice formato colla soluzione di gomma elastica. Questa pelle deve avere la figura circolare con un diametro alquanto maggiore del diametro del disco, e (tagliata frequentemente in direzione centrale, nella zona ch' eccede quest' ultimo diametro) si attacca esternamente sopra tutto il disco, e coi pezzi tagliati, della zona, ripiegati, si unisce ad una parte della superficie esterna del cilindro.

§ 32. Anche pel livello a *bolla d' aria* furono immaginate moltissime forme, e la maggior parte difettose, perchè sono o troppo semplici, per economia di costru-

zione, o troppo complicate, pella vista di far servire lo stesso strumento per teodolite o da grafometro.

§ 33. Li signori Prony, Lomet, Lespinasse, Descars, ec. nei loro rispettivi trattati di livellazione descrissero le loro forme di livelli a bolla d'aria. Li signori Wiebeking e Kröncke nella loro idraulica generale teorica e pratica descrissero il livello a bolla del signor Schiöler.

Il signor Puissant nel suo bel trattato di Topografia di Agrimensura e di Livellazione diede la preferenza sopra tutti al livello del signor Chézy e ne fece la descrizione.

Il celebre signor professore Collalto, travaglia una grand' opera sugli strumenti matematici, e questa istruirà anche di tutte le forme ed usi dei livelli finora immaginati.

Senza far torto ai famosi macchinisti lombardi ed oltremontani, bisogna render giustizia al merito distinto delli signori Rodella e Stefani di Padova, i quali si dedicano continuamente a perfezionare la forma dei livelli, consultando essi sempre gl' ingegneri operatori per conoscere li bisogni di modificazioni.

ARTICOLO II

Avvertenze da praticarsi pella costruzione d' un livello.

§ 34. Non trovandosi fra le indicate forme di livello, quella ehe sia scevra da essenziali imperfezioni, si va a proporne una, che se non ne sarà esente del tutto almeno incontrerà le viste principali necessarie nella costruzione del livello, onde servi al miglior uso possibile, ed affine di offrire una base al giudizio sulla convenienza della forma di livello che si propone, si premetterà l' indicazione delle viste contemplate nello studio di questa costruzione.

§ 35. I. La solidità si considerò necessaria, perchè il livello è uno strumento, che devesi adoperare in campagna, ed è soggetto quindi a trasporti, e nel suo uso a ricevere umidità e polvere, con sommo danno delle viti, che in breve tempo si riducono per tali cause di un moto incerto, e fanno acquistare al livello una istabilità continua; pertanto oltre di assegnare proporzionate misure nei pezzi componenti devesi anche tener coperte tutte le viti, onde conservarle sempre nette.

II. Colla costante esplorazione dell' orizzontalità del piano, su cui gira il cannocchiale si può conciliare, oltre che una continua tranquilità dell' operatore, anche una maggiore speditezza nell' operare, poichè quasi mai occorrerà di mettere a posto la bolla del cannocchiale, che serve ad esplorare l' orizzontalità della *linea direttrice* della livellazione.

III. Il cannocchiale deve avere il centro di moto nel mezzo del suo asse, e ciò per non alterare menomamente l' altezza dello strumento in qual si voglia *battuta* della stessa stazione, al quale difetto soggiacciono tutti li livelli che hanno il centro di moto presso di un estremo del cannocchiale.

IV. Gl' infinitessimi movimenti verticali del cannocchiale, per mettere a posto la bolla che gli è annessa, devono ottenersi mediante un micrometro presso un estremo del cannocchiale, e non sotto il centro di moto, giacchè essi saranno tanto più fermi quanto più il micrometro è lontano dal centro di moto.

V. Il moto orizzontale del cannocchiale per dirigere la visuale verso i punti che si vogliono osservare, deve farsi coll' impiego della minor forza possibile acciò non soffri alterazione coll' urto, ch' è sempre sensibile, il piano approntato colla vista II, e perciò bisogna applicare un meccanismo, mediante il quale guidando con due dita un piccolo manubrio si pervenga con non molti giri di esso a far girare uniformemente intorno l' asse dello strumento il cannocchiale.

VI. Tutte le viti devono agire costantemente in direzione del loro asse, altrimenti si movono con asprezza, ed il loro attrito si aumenta.

VII. A correzione dell' inevitabile attrito delle viti conviene spezzare le madreviti per essere in caso di stringerle sempre che le viti agiscano con troppo libera scorrevolezza.

VIII. Per diminuire gli attriti bisogna osservare, quando vi sono dei piani che devono girare a sfregamento l' uno sopra l' altro, di limitare lo sfregamento ad una sola zona, od a piccole porzioni spezzate di zona assicurate tangenzialmente alle teste delle viti, quando il piano deve girare sopra le teste medesime; bisogna però avvertire di far prendere in ogni senso una piccola inclinazione alle dette porzioni di zona, affinchè possa-

no adattarsi a combaciare il piano sovrapposto in qualunque delle piccole inclinazioni che prende il piano (per orizzontarsi) cogli assi delle viti.

IX. Le bolle devono essere contenute da tubi di cristallo esattamente lavorati nell' interno, di un diametro il più grande possibile, nelle quali la parte superiore interna affusata col raggio di mt. 116,35, affinchè con sufficiente sensibilità ed uniformità di moto la bolla d' aria passi dal mezzo del suo tubo fino agli estremi, sui principj del § 31.

La posizione dei tubi delle bolle deve essere rettificabile col moto d' una sola vite in modo però che non sia alterabile facilmente la posizione che ad essi si assegna.

X. Il cannocchiale dev' essere collocato mobile ne' suoi appoggj, per poterlo capovolgere affine di semplificare la sua rettificazione, e dev' avere le lenti proporzionate a distinguere nitidamente gli oggetti alla distanza non minore di 400 metri.

La retticola dev' essere formata colla più minuta bava del bacco da seta, e meglio ancora con quella del ragno. Li due fili di questa retticola devono già incrociarsi ad angoli retti, ma devono essere rettificabili per ridurre la loro intersecazione nell' asse ottico, semprechè si devia in causa del calore o dell' umidità; per istabilirli esattamente tanto in senso orizzontale, che in quello verticale, ed infine per collocarli precisamente nel fuoco comune tra le lenti occulari e l' oggettiva, acciò non succeda la paralassi che rende sempre incerta la coincidenza dei fili col punto da osservarsi. L' oggettivo del cannocchiale sarà acromatico, e regolabile quanto occorre per adattarlo alla vista del maggior presbite, e del maggior miope. Per tutti questi movimenti devesi combinare alla loro precisione tanta dilicatezza, che nell' eseguirli non cagionino sconcerto alcuno alla posizione del tubo del cannocchiale, ed al sistema dell' asse ottico.

Nell' occulare sarà prolungato questo tubo in modo di determinare con un piccolo foro il punto dell' occhio osservatore, e sarà anche prolungato il tubo nell' estremo dell' oggettivo per riparare dai raggj del sole la lente oggettiva poichè essi giungono perfino ad impedire il discernimento dell' oggetto.

CAPITOLO II

DESCRIZIONE D'UN NUOVO LIVELLO A BOLLA D'ARIA CON CANNOCCHIALE ACROMATICO

ARTICOLO PRIMO

Piede del Livello.

§ 36. La *fig.* 8 rappresenta il prospetto di un fianco di questo livello e la *fig.* 9 è il prospetto del livello senza piede dalla parte dell' oggettivo.

Le tre gambe *AB* formate ciascuna di due pezzi di pero torniti, uniti fra loro con un cilindro di metallo *CC*, che in *D* si separa anch' egli in due pezzi mediante una vite fermata nel pezzo *C*, che s' insinua nella interna madrevite esistente nel pezzo d' incontro *C*. Ogni gamba è presidiata in *B* da punta di metallo colla parte estrema di acciajo temperato. Le tre gambe s' interneranno negli orecchioni rispettivi, che sono fermati con viti occulte nel disco *EE*, e vi sono assicurate con una vite *F*. La *fig.* 10 esprime il collocamento degli orecchioni nella parte inferiore del disco, e delle rispettive viti. Queste viti consistono in un cilindro *ab* liscio, intorno a cui deve aggirarsi l' estremo superiore della gamba; nell' estremo *c* vi è fermata una piastra quadrata, che s' insinua in parte nel rispettivo orecchione; e l'altro estremo è ridotto con verme spirale.

La chiocciola *fe* è coperta nel mezzo da una cupoletta *d*, per preservare la vite. La madrevite della chiocciola è espressa dalla *fig.* 11, ch' è la bocca della chiocciola.

È necessario di ben osservare questa forma di madrevite spezzata, perchè col medesimo artifizio sono rese tutte le altre madreviti del livello sempre bene aderenti alle rispettive viti. *G* è il foro della vite; *i o*, *i' o'*, sono due porzioni cilindriche profonde, quanto è lunga la madrevite; ogni porzione ha il suo perno in *i*, e termina in *o*, con piccolo intervallo dal principio dell' altra por-

zione; le viti di pressione *m, m,* obbligano le due porzioni delle madreviti a stringere più o meno la vite.

Dopo piantate convenientemente le tre gambe del piede bisogna stringere le viti degli orecchioni con le chiocciole, e si otterrà tutta la fermezza desiderabile nel piede.

§ 37. In *H* (*fig.* 10) vi è un foro quadrato che deve ricevere il pedale *I* dello strumento (*fig.* 9), ed è racchiuso da un cilindro *L,* la cui sezione orizzontale rilevasi nella (*fig.* 10), ed il prospetto nella (*fig.* 8).

In *M* (*fig.* 10) sonvi tre fori nel disco, e nella parte inferiore di questo sono essi coperti da altrettanti cilindretti vuoti, per contenere le madriviti spezzate come nel § precedente, che servono a regolare le tre viti orizzontatrici *N* (*fig.* 8).

Le teste delle viti orizzontatrici sono formate come rappresenta la (*fig.* 12), in cui il cappello *gh* s' inclina colla parte inferiore ridosso alla testa emisferica della vite ch' esso copre, e colla parte superiore bene spianata si compone, unitamente ai pezzi delle altre due viti, a formare il piano che si desidera; la piccola vite *n,* serve di perno al moto sferico del cappello.

ARTICOLO II

Appoggio del cannocchiale pel moto orizzontale.

§ 38. La (*fig.* 9) rappresenta il corpo del livello senza piede. Il gran piatto *O P,* nel suo centro della parte inferiore con una cerniera pendente, abbraccia una sfera, ch' è fissa nell' estremo superiore del pedale, e perciò può darsi quell' inclinazione che si desidera in ogni senso al piatto coll' asse del pedale, mediante il moto delle tre viti orizzontatrici

Il pedale *I* ha la forma paralellepipeda fin poco sopra al punto *L* in cui termina il cilindro *L* (*fig.* 8), e nel resto è cilindrico con bene internato verme spirale, quale venendo incontrato da una chiocciola con madrevite, che ha la figura esterna di calice, serve a rendere fermissimo il gran piatto sopra le teste delle viti orizzontatrici.

Due lati del quadrato inscrivibile nel cerchio del piatto segnano la posizione di due tubi con bolle d' aria, uno de' quali corrispondendo paralello alla linea, che unisce

gli assi di due viti orizzontatrici, e l'altro paralello alla normale dell' asse della terza vite sulla linea delle altre due, servono ad esplorare l'orizzontalità del piatto.

ARTICOLO III

Tubi pelle bolle d' aria rettificabili con una sola vite.

§ 39. Li due tubi *TV*, *VU* (*fig.* 13) hanno i loro appoggj ben fermi sopra le tre situazioni *T*, *V*, e *U*, in cui l' orlo del piatto è appositamente dilatato.

Il diametro dei tubi di cristallo non dev' essere minore di due centimetri. Ogni tubo sarà costruito colle norme del § 32, e si rivestirà con un cilindro di ottone bene aderente, che nella parte superiore deve avere un' apertura più ampia in ogni senso dello spazio occupato dalla bolla d' aria, quando il tubo è posto orizzontalmente, e ciò perchè tale spazio si aumenta o si diminuisce secondo che vi è più o meno caldo nell' atmosfera.

Lungo il mezzo di quest' apertura si assicura di canto una piccola riga di metallo con arbitraria divisione, e suddivisione in minute parti eguali d' ambe le facce della riga e in contatto col tubo di cristallo.

Questa divisione si aumenterà dal mezzo procedendo verso gli estremi, in modo che si stimerà prontamente e con precisione quando la bolla sia nel mezzo del suo tubo. Uno degli estremi del cilindro di ottone è terminato in porzione di sfera per aggirarsi entro l'appoggio in *V*. L' altro estremo è rastremato e ridotto paralellepipedo, e trapassa tutto l' appoggio *U* o l'altro *T*, entro a cui è forzato a tenersi sospeso in alto da una molla, che ve lo spinge; nella parte superiore dell' appoggio vi è una piccola vite di pressione, che spinge abbasso il paralellepipedo, quindi elevando la vite la bolla cammina verso di essa, perchè la molla eleva il tubo, e viceversa abbassando la vite, resta compressa la molla, si abbassa il tubo, e si allontana la bolla. Tale moto serve a rettificare la posizione del tubo della bolla, ch' è giusta quando trovandosi la bolla nel mezzo in una posizione, resti nel mezzo anche disobbligando negli appoggj il tubo dal piatto, e capovolgendolo nella stessa situazione; in modo che l' estremo *V* resti assicurato nel piatto in *U*, e viceversa l' altro *U* si stabilisca in *V*. Bene

inteso che per mettere nel mezzo le bolle devesi muovere le corrispondenti viti orizzontatrici descritte al § 37.

ARTICOLO IV

Meccanismo pel moto orizzontale del cannocchiale.

§ 40. Il piatto *OP* (*fig.* 8 e 13), avrà il suo margine nella parte superiore elevato per contenere il piatto minore *pq*, il cui lembo deve internarsi nel risalto dell' altro piatto.

Sopra questo piatto minore essendo fermi gli appoggj della parte superiore del livello, così ad esso bisogna assegnare il moto orizzontale colla maggior facilità, e col minor attrito; perciò avrà nella parte inferiore un perno, che s' internerà nel centro del piatto, ed una sola zona concentrica projetterà pure nella parte inferiore del piatto minore, affine di scemare l' attrito del suo moto sopra il piatto maggiore; e questa zona corrisponderà sopra le tre viti orizzontatrici.

§ 41. Per conseguire il moto orizzontale si formerà nella circonferenza esterna della detta zona una minuta dentatura. Nella parte inferiore del gran piatto in *W* si aggiungerà una piastra rettangolare di metallo per aumentarne la grossezza, affine di scavarvi una nicchia atta a contenere un forte rocchetto, che girerà attorno il suo asse orizzontale, prolungato, col mezzo d' un manubrio *x* lungo quattro diametri del rocchetto. Il rocchetto ingranirà nella dentatura della faccia inferiore di una ruota intermedia, il diametro della quale sarà quadruplo di quello del rocchetto, e suquadruplo del diametro maggiore della zona dentata.

Per aumentare la forza motrice questa ruota avrà una seconda dentatura in direzione de' raggj, e farà girare la dentatura della zona per mezzo di un altro forte rocchetto eguale al primo ma coll' asse verticale, che s' ingranirà contemporaneamente in tutte due le indicate dentature. Mediante questo meccanismo (che osservasi in profilo sulla *fig.* 8, essendosi supposti tagliati li due piatti *O P*, *p q*; e nella pianta della *fig.* 13, dov' è marcato supposto trasparente il piatto minore *pq*) con sedici giri del manubrio *x* farà un intero giro la dentatura della zona, e quindi lo faranno anche il piatto minore ed il

cannocchiale sostenuto, e la forza applicata in x produrrà nel perno del piatto minore un effetto 512 volte maggiore che in x, e perciò non vi è dubbio che il peso di tre kilogrammi, ond' è caricato al più il perno (dovendosi trascurare la parte, di cui è sollevato dalla zona che appoggia nel gran piatto a compenso dell' attrito che produce) verrà mosso intorno al perno stesso con somma facilità, girando con sole due dita il manubrio.

È superfluo di raccomandare nella costruzione la maggior fermezza possibile degli assi, e la maggior precisione ne' denti delle ruote, e de' rocchetti, giacchè ognuno può bene conoscere quanto ciò importi nella costruzione di macchine composte, perchè producano quell' effetto che si contempla.

ARTICOLO V

Ponte per sostegno del Cannocchiale, col suo moto infinitesimo verticale.

§ 42. In due punti sopra il piatto minore, e diametralmente opposti fra loro relativamente alla zona, ch' è sottoposta allo stesso piatto vi saranno fisse due colonnette Q, R (*fig.* 8), e sopra esse insisterà una grossa lamina lavorata in modo di formare nel mezzo un arco a tre centri e lateralmente due mezzi archi eguali, e con tale figura (simbolica del I. R. Corpo, cui è sopra ogni altro indispensabile un esatto livello) viene sostenuta orizzontale una riga yy, onde assicurarvi li tre appoggj Z, Δ, Σ, che sono uniti da una specie di doccia, la quale contiene il cannocchiale.

§ 43. L' appoggio Δ dà al cannocchiale il moto verticale nel mezzo del suo asse, sostenendo li due orecchioni attaccati nel mezzo della doccia esternamente; presso li suoi orli in direzione verticale, e nello stesso piano coll' asse del cannocchiale. L' appoggio Z è una vite micrometrica occulta, che serve a dare gl' infinitesimi movimenti della doccia, e quindi anche del cannocchiale per ridurre il suo asse parallello al piano ridotto orizzontale nel gran piatto PO. La madrevite di questa interessantissima vite è pure spezzata, come quelle descritte al § 36, colla differenza che in questa situazione la chiocciola che contiene la madrevite è obbligata a

girare sempre nella stessa posizione, perchè la vite (che è, con un estremo ridotto emisferico, internata sotto la vera abbracciante la doccia del cannocchiale) possa avere il doppio effetto di elevarsi e di abbassarsi senza essere forzata a deviare menomamente dalla verticale, ciocchè succederebbe quando si volesse annodarla colla parte inferiore della vera, la quale dev' essere escavata in figura emisferica con diametro maggiore di quello della vite.

§ 44. Il terzo appoggio Σ, consiste in una colonnetta fissa sotto la rispettiva vera abbracciante il cannocchiale, e col piede mobile entro la riga yy', entro la quale è forzato a starsi elevato da una robusta molla. Pertanto quando la vite Z si abbassa, l' appoggio Σ alzando in proporzione il cannocchiale costringe questo a comprimere colla vera quanto gli è possibile la vite Z.

§ 45. Le due vere degli appoggi Z, Σ sono spezzate a mezzo orizzontalmente (come dimostra la *fig.* 9), perchè facendo sortire un poco il tappo d' arresto, ch' è in φ la metà superiore snodata in ω, si apre e lascia in libertà il cannocchiale per poterlo levare dalla doccia, e capovolgerlo nel caso della rettificazione dello strumento. Importa sommamente che le sue vere unicamente toccate nella doccia dal tubo del cannocchiale sieno esattamente calibrate, affinchè l' asse del cannocchiale non cangi rapporto coll' orizzontale nel trasportare l' estremo dell' occulare sopra l'appoggio Σ, e quello dell' oggettivo nell' appoggio Z, e l' importanza di ciò si rileverà maggiormente, quando si parlerà della rettificazione del livello nella parte III.

ARTICOLO VI

Idea del cannocchiale acromatico.

§ 46. Il telescopio di rifrazione ossia cannocchiale è una sublime invenzione dovuta ai tentativi di molti ingegni che precedettero l'immortale Galileo, che però fu il primo fondatore della teoria telescopica nel 1609, mediante la quale si può distinguere chiaramente gli oggetti lontani.

Dispongonsi due o tre lenti bi-convesse presso l' estremo d' un tubo, ed una lente bi-convessa di maggior lunghezza di fuoco presso l' altro estremo del tubo stesso.

Le prime lenti si chiamano occulari, perchè stanno vicine all' occhio dell' osservatore, e l' altra si chiama oggettiva, perchè è più vicina delle altre all' oggetto da osservarsi. Li telescopj che hanno l' occulare formato da due lenti bi-convesse diconsi astronomici, e con essi veggonsi gli oggetti rovesciati; quelli con l' occulare di tre lenti bi-convesse chiamansi terrestri, e lasciano vedere gli oggetti nella stessa posizione colla quale appariscono ad occhio nudo.

La scambievole coincidenza delli fuochi di tutte le lenti stabilisce la precisione della vista, e la proporzione delle lunghezze dei fuochi dell' oggettivo, e dell' occulare più vicino all' occhio, determina l' ingrandimento dell' oggetto sopra la sua grandezza apparente ad occhio nudo. In seguito il sommo Newton si accorse del bisogno di correggere nei telescopj l' effetto dell' aberrazione prodotta dalla sfericità della lente oggettiva, e dalla diversa rinfrangibilità dei raggj della luce, che non concorrendo tutti allo stesso punto, ne risulta che l' immagine che si contempla è male terminata, ovvero li suoi contorni restano confusi e molto coloriti, ma dalle sue esperienze conchiuse che non era possibile di effettuare tale correzione.

Il celebre Eulero colle stesse esperienze di Newton dimostrò nel 1747 il metodo di correggere tale inconveniente; ma devesi a Dollond illustre artefice inglese il merito di essere riescito a correggerlo col fatto l' anno 1759 (1).

§ 47. Compose Dollond un oggettivo con due lenti di differenti densità; una *bi-convessa* posta alla parte dell' oggetto formata d' un cristallo ordinario, chiamato dagl' Inglesi *crown-glass*; e la seconda *menisca*, ovvero concava da una parte e convessa dall' altra (in modo che adattandosi colla concavità alla convessità della prima dalla parte dell' occulare, unite da un cerchio di metallo appariscono come una sola lente *bi-convessa*, è formata d' un cristallo composto detto dagl' Inglesi *flint-glass*.

Meglio ancora riesce l' oggettivo, s' è formato con una lente *bi-concava* di *flint-glass* interposta tra due lenti bi-convesse di *crown-glass*. La lente in tali forme com-

---

(1) Philos. transact. L. p. 733.

posta chiamasi acromatica, ossia scevra di colori, perchè essendo le lenti componenti di diverse densità, combinano le differenze della rifrazione in guisa che distruggono le iridi, e tolgono l' aberrazione.

Li cannocchiali che hanno per oggettivi una di queste lenti diconsi *acromatici*, e tale scoperta produsse per effetto che furono costruiti dei cannocchiali acromatici lunghi circa un metro, coi quali furono veduti tanto bene gli oggetti, come con un cannocchiale di oggettivo comune lungo più di 16 metri.

È però da osservarsi che quantunque le descritte lenti sieno effettivamente acromatiche pure nol sono affatto li cannocchiali, perchè in essi si produce l' aberrazione delle lenti occulari; e per riparare a questo inconveniente bisogna porre un diaframma opaco presso l' occulare, la cui apertura non permetti il passaggio, se non ai raggj rifratti a dovere, ed allora si vedrà l' immagine distinta e scevra di colori.

§ 48. Vogliono i chimici che il *flint-glass* sia composto di 24 parti di sabbia bianca e pura, di 7 parti di piombo calcinato, e di 8 parti di nitro (1).

Questa composizione è però tanto difficile da ottenersi colla precisione che si desidera, perchè l' eterogeneità della sostanza metallica colla salina richiede un grado tanto forte di calore, per combinarle nella fusione, che riesce assai difficile di trovare materiale resistente per formare li crogiuoli e le mestole, e che non porti alcuna alterazione dannosa alla pasta con cui devesi fare il cristallo.

Alcuni francesi supposero che l'accidente procurasse il *flint-glass* nelle fabbriche inglesi di cristalli, e che non si abbia colà un metodo certo per farlo di buona qualità, ed asserirono che quantunque gl' inglesi adoperino un solo metodo per lavorare contemporaneamente diversi crogiuoli di *flint-glass*, tuttavia solo pochi riescono a dare il cristallo colle qualità che si richiedono.

Il sig. Bomé nella sua chimica sperimentale, dove parla del *flint-glass* nell' arte vetraria, racconta che alcuni dilettanti francesi fra gli altri sperimenti fecero pur quello di rifondere del perfetto *flint-glass* acquistato in In-

---

(1) Nota del professor Scopoli nel Dizionario di Chimica di Macquer, edizione di Napoli 1786. Tom. X, pag. 106.

ghilterra, e che compita tal seconda fusione il cristallo risultato acquistava tutti li difetti, che aveva quello da essi composto cogl' ingredienti che loro risultarono dall' analisi praticata al cristallo inglese.

Questo fatto però dimostra evidentemente, che se li suddetti sig. dilettanti avessero operato a dovere, avrebbero almeno colto quell' accidente, che sapevano e sanno così bene cogliere gli artisti inglesi.

Ma se gli ottici francesi tentarono inutilmente, non avvenne così all' illustre sig. Utschneider bavarese, il quale compone delle lenti acromatiche, producenti un effetto così eccellente che gareggiano coi più distinti acromatici inglesi (1).

§ 49. Alla raccolta di queste notizie ottico-chimiche fatta per dare un' idea meno confusa delle proprietà che deve avere un cannocchiale per ben servire in un livello, giacchè si è detto (§ 28) che il suo asse ottico forma la linea *direttrice* delle livellazioni, sembra a proposito di unire le particolarità che mettono in grado di conoscere le buone e le difettose lenti acromatiche.

§ 50. Il *crown-glass* è un cristallo leggero con cui formansi le lenti *bi-convesse*, ed è comune in tutte le fabbriche vetrarie, essendo eguale a quello degli specchi. La candidezza, l'esatta curvatura, l' assoluta privazione di bolle e di filamenti, e l' uniforme densità sono li distintivi caratteri delle buone lenti ordinarie.

§ 51. Il *flint-glass* è un cristallo pesante, con cui formansi le lenti *menische*, o le *bi-concave*, ed è quello che difficilmente trovasi perfetto. La principale sua prerogativa si è quella di avere la maggior possibile gravità specifica. Macquer nel citato Dizionario di Chimica, tradotto colle note Scopoli-Vairo, alla voce vetrificazione, parlando della qualità del *flint-glass*, dice che la densità

---

(1) Il celebre sig. Santini, attuale professore di Astronomia in questa I. R. Università, nella sua Memoria sulla teoria del nuovo Pianeta Vesta inserita nel Tomo XVII della Società Italiana, dichiara che lo stromento de' passaggi, eccellente lavoro del sig. Reichembach, collocato in quest'osservatorio astronomico, è fornito di un cannocchiale acromatico colle lenti del sig. Utschneider lungo piedi tre e mezzo parigini, coll' apertura dell' oggettivo di tre pollici, e che la sua forza e chiarezza sono tali, che nel mezzogiorno si può vedere la polare, e β dell' Orsa maggiore.

di questo cristallo dev' essere tale, che un pollice cubo del piede parigino pesi circa 1400 acini ossieno grani.

Brisson nella sua bell' opera sulla gravità specifica dei corpi, nell' esporre gli esperimenti sui vetri al n.° 659, trovò col mezzo d'un grosso pezzo di detto cristallo, che gli procurò l' eccellente costruttore ottico M. Gonichon, che un pollice cubico pesò grani 1243.

Fatte le riduzioni della misura e del peso antico francese, in misura e pesi nuovi, risulta che un centimetro cubo di *flint-glass*, secondo Macquer dovrebbe pesare *kilogrammi* 0,003756, e secondo Brisson pesò kilogrammi 0,003335.

Quanto più grande sarà la gravità specifica tanto migliore sarà la qualità del cristallo, semprechè però vi sia uniformemente distribuita; e colle norme esposte ognuno è nel caso di sperimentare la gravità di qualunque lente che desidera di acquistare. È poi sommamente importante che oltre la detta qualità il *flint-glass*, abbia una bella trasparenza, e che sia senza filamenti o *strie*, la quale è una imperfezione frequentissima nel *flint-glass*, giacchè la difficoltà di combinare nella fusione gl' ingredienti eterogenei produce nel cristallo un effetto eguale a quello che si osserva nell' acqua pura quando vi s' infonde dello spirito di vino.

Le lenti che hanno questo difetto sono assolutamente inservibili. Le bolle che si formano per l' imprigionamento dell' aria nell' atto della fusione è un altro difetto ch' è tollerabile quando sieno minute, ed in piccolo numero.

È raro di ottenere in questo cristallo una perfetta candidezza, quindi è da osservarsi che servono benissimo anche le lenti, che avessero una leggera tintura giallognola.

§ 52. Tali essendo li principj sui quali deve fondarsi il giudizio sull' attitudine di un cannocchiale acromatico, si passerà ora a descrivere la costruzione di quello che si propone di collocare nel livello, sopra li tre appoggj descritti.

ARTICOLO VII

Costruzione del cannocchiale acromatico.

§ 53. Il tubo cilindrico $\beta\gamma$ è un cannone di metallo esattamente tornito, per essere indistintamente bene combaciato dalle due vere degli appoggj Z, Σ; e li cerchielli, 2, 2, 2, 2, sono saldati nel tubo stesso per rendere ancor più fermo il cannocchiale fra le vere de' due appoggj.

§ 54. In γ è inserito un pezzo di tubo $\Omega\ \Omega$, calibrato coll' interno del tubo del cannocchiale, e nel mezzo di esso, verticalmente all'asse in ogni senso, è collocata una lente acromatica, composta come precedentemente si è abbastanza spiegato. La situazione della lente dev' essere tanto internata nella bocca del cannocchiale che difficilmente li raggj solari possano introdursi diretti sulla lente stessa, giacchè resterebbero indeboliti quelli riflessi dall' oggetto che si osserva. Affine di adattare alla vista di qualunque miope e di qualunque presbite la posizione dell' oggettivo si collocherà tangenzialmente alla parte inferiore del tubo una vite perpetua ξ coperta, che s' ingranirà nella dentatura minuta di una riga sottoposta al tubo internato, per farlo avanzare o ritirare secondo il bisogno: la vite ξ si manovra come l' ξ' descritta nel seguente paragrafo.

§ 55. In β è ridotto un pezzo di tubo di minore diametro per contenere le lenti occulari e la retticola dei fili; questo tubo deve star per la maggior parte fuori del tubo principale, mentre la parte interna obbliga tutto il piccolo tubo a mantenersi sempre coll' asse nella stessa direzione d' asse del tubo grande. La parte interna ha nel convesso formata una ruota dentata che gira col mezzo d' una vite ξ' perpetua, tangente alla parte inferiore; la vite perpetua tiene li suoi appoggj nel tubo principale, e gli estremi del suo asse sortono un poco fuori del tubo grande in figura parallelepipeda. Contemporaneamente s' investono colle due piccole chiavi della (*fig.* 14) li due estremi della vite perpetua, e girando la vite stessa si fa girare intorno il suo asse il piccolo tubo. Questo movimento serve a cono-

scere se l'intersecazione dei fili della retticola trovisi nell' asse ottico del cannocchiale.

§ 56. In *t*, *t* è internato nel piccolo tubo un pezzo cilindrico, che serve per la retticola dei fili, rappresentata nel profilo del cilindro, tagliato perpendicolarmente all' asse nel mezzo del cilindro stesso (*fig.* 15), e nel profilo in direzione dell' asse (*fig.* 16).

Nel profilo della (*fig.* 15) distinto dalla lettera *r* è espresso il piccolo telajo rettangolare *r*, *r*, *r*, *r*, che scorre in appositi incastri, ed una delle sue facce è nel piano che divide a mezzo il cilindro; in questa faccia del telajo è assicurato il filo orizzontale *u*, *u* formato da una minutissima bava di ragno. Colle due viti *r'*, *r'* si può alzare ed abbassare sempre orizzontalmente il filo, finchè si trovi passare pell' asse ottico del cannocchiale, e per ciò fare colle due chiavi della (*fig.* 14) s' investono al di fuori del cannocchiale gli estremi sporgenti in forma paralellepipeda delle due viti, e di quanto col girare una chiave si fa sortire una vite per allontanarla dal telajo, altrettanto coll'altra chiave si fa internare l' altra vite, onde premere il telajo *r*, *r*, *r*, *r* ridosso alla vite ritirata.

Le due viti *r' r'* s' ingraniscono nelle madriviti formate attraverso al massiccio del cilindro.

Il telajo distinto colla lettera *S* è eguale al precedente colla differenza, che il telajo *s*, *s*, *s*, *s*, scorre nei rispettivi incastri in senso orizzontale, e nella sua faccia corrispondente col piano che divide a mezzo il cilindro è assicurato il filo verticale *v v*, pure formato di una minutissima bava di ragno. È chiaro che questo filo taglierà ad angoli retti il filo orizzontale *u u*, in qualunque situazione mettansi i due telaj, purchè scorrino con esattezza nei corrispondenti incastri. Le viti *s' s'* si manovrano nello stesso modo, e pel medesimo oggetto, riguardo al telajo *s s s s* come sopra fu spiegato pelle viti *r' r'*.

Importa molto che li due fili sieno collocati nei due telaj, in modo che non si sfreghino l'uno coll'altro, altrimenti attesa la loro estrema tenuità si romperebbero; ma bisogna però che la loro distanza sia infinitamente piccola, per essere entrambe nel punto del fuoco dell' oggettivo:

§ 57. La *fig.* 16 esprime il modo con cui portasi l' intersecazione dei fili della retticola (ridotta coi mezzi

precedenti nell' asse ottico) a trovarsi precisamente nel fuoco dell'oggettivo.

Il suddetto cilindro è rappresentato dalla sezione rettangolare, nel cui piano sta l'asse del cilindro stesso. Le pareti $z\,z$, $z'\,z'$ figurano la sezione sull' asse del tubo occulare. Le quattro molle x, x, x, x fermate con un estremo nelle dette pareti, comprimendo coll' altro ricurvo le rispettive facce del cilindro, lo tengono fermo in quel sito assegnato dalla regolabile loro alternativa tensione.

58. La *fig.* 17 dimostra come si regola la tensione alternativa delle molle. Lateralmente ad ogni molla x, sono fermi li due appoggj $\iota\ \iota'$ nell' interno del tubo, e ciascheduno ha un foro a madrevite. La piccola vite orizzontale y, che passa sotto la molla x, gira intorno il suo asse per mezzo di questi fori, che le servono di appoggi, e quindi cammina innanzi ed indietro. In π la vite è interrotta nelle sue spire da un cono tronco, con essa immedesimato, e che ha seco l'asse comune. È chiaro che avanzando la vite si avanza anche il cono, e quindi si eleva l'estremo superiore della molla, che si stacca dalla parte del cilindro, viceversa ritirando la vite, la molla riprende la sua tensione contro la faccia del cilindro. Pertanto volendo muovere il cilindro w, w, w, w, (*fig.* 16), entro il tubo che lo comprende, si staccano le molle $x'\,x'$ avanzando le loro viti, e si aumenta la tensione delle molle $x\,x$ ritirando le rispettive viti, finchè il cilindro sia portato a frontarsi cogli estremi delle molle $x'\,x'$.

Gli estremi y (*fig.* 16) delle viti sortono fuori del tubo occulare in figura paralellepipeda per essere investiti e manovrati col mezzo delle chiavi della (*fig.* 14).

§ 59. Siccome poi le viti $r'\,r'$, $s'\,s'$ impedirebbero il moto del cilindro, così bisogna tagliare il tubo occulare in tutte quattro le situazioni, da una parte e dall'altra delle viti, di tanto quanto è il piccolo moto del cilindro. Tali aperture restano sempre otturate dalla superficie del cilindro che combacia coll' interno del tubo.

§ 60. Nel tubo occulare (*fig.* 8) sono poi fermate mediante cerchielli, ossien diaframmi le tre lenti occulari bi-convesse di eguale fuoco, e la loro posizione è tale che la lente μ, μ, verticale in ogni senso con l' asse ottico (che dev'essere lo stesso in tutto il cannocchiale) sia posta distante dal fuoco dell' oggettivo, ossia dall' in-

tersecazione dei fili, in modo che tal punto sia centro della superficie sferica, appartenente alla convessità della lente dalla parte opposta al punto medesimo. La lente $\mu' \mu'$, sempre paralella alla $\mu \mu$, si colloca distante da questa sicchè tra li vertici delle convessità opposte sia precisamente compreso il diametro della corrispondente sfericità. In fine la lente $\mu'' \mu''$, paralella alle prime, è collocata colla precedente distanza riguardo alla $\mu' \mu'$.

§ 61. Qui è necessario di avvisare che quanto maggiore sarà la convessità delle lenti oculari sotto lo stesso diametro, tanto minore sarà il raggio della loro curvatura, e quindi tanto più crescerà il rapporto della distanza del fuoco dell'oggettivo fino alla convessità esterna dell'oggettivo stesso, colla distanza del fuoco della lente oculare più vicina all' occhio fino alla convessità opposta della lente stessa; ciocchè importa molto per aumentare l'ingrandimento degli oggetti. Bisogna però mettere quel limite ch'è imposto dalle sperienze (giacchè la somma variazione nella densità del cristallo non permette di stabilire una regola generale) a questa convessità, perchè le lenti non riescano troppo grosse, e non restino quindi troppo indeboliti li raggi di luce, e perchè non riesca dannosa l'aberrazione, che si fa maggiore quant'è maggior la convessità delle lenti.

§ 62. Finalmente l'estremità del tubo oculare sarà chiusa lasciandovi un piccolo forellino circolare, che corrisponderà alla distanza focale della lente oculare, e che fisserà la situazione per collocarvi l'occhio dell' osservatore. Questo foro si chiuderà con una piccola laminetta interna che girerà in apposito incastro. Anche la bocca del cannocchiale si chiuderà con un adattato coperchio.

ARTICOLO VIII

Bolla direttrice sopra il cannocchiale rettificabile col moto d'una sola vite.

§ 63. Sopra il mezzo del descritto cannocchiale si assicurerà un tubo con bolla simile a quelli descritti nei §§ 32 e 39, ma questo deve avere il diametro di circa mt. 0,03 e la lunghezza di mt. 0,30, affinchè sia ancora più sensibile; li suoi appoggj devono essere fissi nel dorso del cannocchiale applicando soltanto in λ la molla e la vite per rettificare la bolla.

ARTICOLO IX

Riduzione di un grafometro col diametro di mt. 0,35 nello stesso livello.

§ 64. Nel piatto minore *p q* (*fig.* 8) descritto al § 40, il quale riesce del diametro di circa mt. 0,35 non si ha che da applicarvi un' esattissima divisione di 360 gradi, ed ogni grado suddiviso in sei parti, ognuna delle quali, conterrà 10 minuti primi; questa divisione, applicata sull' orlo che cammina presso il risalto del piatto *P O*, si comincerà a numerarla da un punto determinato dal piano verticale che passa per l'asse del cannocchiale, il cui centro di moto orizzontale deve corrispondere normalmente al centro della divisione.

Nel risalto del gran piatto *P O* sopra il sito del manubrio sarà collocato un nonnio che comprenderà sessantuna seste parti di grado, ed essendo questo nonnio diviso in 60 parti, risulta chiaro che si avrà dal nonnio la trecento sessantesima parte del grado, ovvero 10 minuti secondi, e ciò basta per l'esattezza delle operazioni topografiche. Sopra il nonnio vi si stabilirà un piccolo microscopio.

ARTICOLO X

Bussola magnetica per servire agli usi del grafometro.

§ 65. Tra le due colonne *Q*, *R*, ossia sotto l' arco (*fig.* 8) di mezzo del finto ponte si assicurerà nel piatto *p q* una bussola magnetica circolare *S S*. Il fulcro di acciajo bene temperato ed acutissimo, stabilito nel fondo, sosterrà l' ago magnetico entro un cappelletto di agata scavato parabolicamente, ed assicurato nel mezzo dell' ago. L' ago sarà ridotto sottile, di uniforme grossezza, convenientemente calamitato, ed equilibrato sulla punta del fulcro per essere sensibilissimo agl' infinitesimi movimenti. La bussola non ha bisogno di alcuna divisione nel disco interno, perchè corrispondendo la linea magnetica incisa nel disco stesso in direzione di 0.°, e di 180.°, colla divisione esterna del grafometro si ha con molto maggiore precisione la misura dell'angolo di deviazione della

detta linea dalla costante direzione dell' ago, rilevandola nel nonnio del grafometro. Una lastra bene trasparente di cristallo coprirà e chiuderà affatto la bussola, e nel fondo vi sarà un braccio a molla di ottone, che con un estremo circonderà liberamente il fulcro, e con l' altro sarà fisso presso la circonferenza interna della bussola, ed in questo stesso sito sarà adattato in piano inclinato un piccolo cuneo, il cui moto regolato esternamente dalla bussola, farà elevare od abbassare il braccio, che quindi coll' estremo libero sospenderà dal fulcro l' ago magnetico, e ve lo lascerà nuovamente appoggiare secondo il bisogno.

ARTICOLO XI

Conchiusione ed avvertimenti generali pella costruzione del livello.

§ 66. Ecco infine la costruzione del livello interamente descritta; ognuno potrà giudicare se questa soddisfi alle avvertenze proposte nel § 35; essa combina nello stesso tempo un eccellente grafometro orizzontale pegli oggetti idraulici, giacchè per essi il grafometro non si adopra che nelle pianure onde tracciarvi gli andamenti delle opere, e se si volesse fare che il cannocchiale servisse anche a misurare le altezze, si complicherebbe lo stromento, il quale soffrirebbe nella solidità riguardo all' uso principale per cui è destinato cioè di livello.

La costruzione forse non sembrerà delle più facili, ma si può assicurare che quanto si è detto è eseguibilissimo da chi sa fare.

Si avverte poi che a diminuzione degli attriti è necessario: 1.° che le parti dello strumento che si toccano muovendosi sieno composte di metallo di differente densità, ciocchè si ottiene mescolando nell' ottone del rame all' atto della fusione per gettare li pezzi nelle sagome: 2.° che il metallo che si mette nei crogiuoli sia di lastra essendo il più puro ed il meno snervato: 3.° che dopo gettati li pezzi sieno resi quant' è possibile compatti a forza di martello sull' incudine: 4.° che le viti nelle parti in cui vi sono le spire sieno d' argento, evitando così la ruggine dell'acciajo e l' attrazione che cagionerebbe l' ago magnetico della bussola.

Non si ommette di avvertire, che si potrebbe avere un livello assai più semplice del descritto, più economico, ed egualmente esatto, assicurando un perno nel mezzo della faccia inferiore della riga *Y Y'* (*fig.* 8), che giri nel mezzo del disco *EE*, oppure sopra di un piede prismatico ed ommettendo tutti li pezzi fra la riga ed il disco proposti; ma si osservi che nelle stazioni, in cui devonsi fare molte *battute*, questa forma semplice farà perdere molto più tempo, ed il micrometro dell' appoggio *Z*, che dovrà esser adoperato ad ogni menoma deviazione del cannocchiale *ε γ*, dovrà esser anche costruito come dimostra la (*fig.* 8 *ter.*), per trovarsi sempre nella corda dell' arco d' inclinazione della riga col cannocchiale.

Finalmente si previene che per misurare le altezze del livello occorre una riga retta e sottile di pero lunga mt. 1,50. Sarà questa riga, lungo uno de' suoi orli, distintamente divisa e numerata in metri, decimetri e centimetri, e soltanto da un estremo per mezzo metro sarà anche divisa in millimetri.

CAPITOLO III

DESCRIZIONE DEGLI STROMENTI ANNESSI ALL'USO DEL LIVELLO.

ARTICOLO PRIMO

Scopi, loro solidità, stabilità, precisione e facilità del loro maneggio.

§ 67. Due scopi occorrono per fissare le differenti altezze di quanti si vogliano punti sotto il piano orizzontale determinato dalla *linea direttrice* di una stessa stazione di livello, e per legare reciprocamente tutte le successive stazioni sino al termine della livellazione. Un solo scopo potrebbe bastare, ma in una livellazione composta si perde molto più tempo, e d' altronde è sempre prudenziale di aver costantemente fermo lo scopo osservato nella prima *battuta* di livello in ogni stazione, poichè in caso d' incertezza sulla stabilità del livello, si può quante volte occorre ripeterne l' osservazione con tutta sollecitudine.

§ 68. Le proprietà generali e particolari che deve avere uno scopo sono le seguenti: 1.° che sia quanto è possibile leggero per essere senza fatica maneggiato da una sola persona.

2.° Che sia costruito di legno di qualità la più perfetta perchè non si alteri la rettitudine dell' asta nei frequenti cangiamenti di umido e di secco cui va soggetta. Quest' asta si accostuma di farla di abete di fibre minute e bene stagionato, lunga mt. 47, larga mt. 0,14, e grossa mt. 0,024.

3.° Che il suo piede sia bene garantito, perchè non si alteri l' altezza dell' asta col suo logoramento, o col suo lordamento. Usano alcuni di collocare l' asta in un piccolo piedestallo perchè resti ferma in piedi senza bisogno che sia tenuta dall' osservatore; ed altri puntellano in ischiena l' asta con tre sottili gambe snodate unite in un solo sistema, che scorre e si ferma con vite di pressione entro incastri, che son fissi nella schiena dell' asta.

4.° Che l' altezza dell' asta possa servire a rilevare direttamente dalle sommità degli argini li peli d' acqua più bassi del fiume, e li piani delle adjacenti campagne, e perciò al § 69 si accennerà l' espediente di allungare l' asta.

5.° Che la divisione sia esattissima, e distinta nei metri, decimetri, e centimetri, quali devono essere numerati continuamente e cominciando dal punto in cui fa appoggio l' asta. Tale divisione la si fa in una lista di bosso ben giallo incastrata lungo il mezzo del prospetto dell' asta, e con forte colla unita.

6.° Che lo scopo (che deve scorrere lungo l' asta per determinare le altezze delle visuali sopra li punti da osservarsi) sia una piastra sottile di rame e di ottone, dipinta a vernice con due colori opposti, che nitidamente distinguano orizzontalmente la metà dello scopo, che sia lo scopo sensibile ai menomi movimenti, per stabilirsi nella posizione che si vuole onde conservarla poi colla maggior fermezza, finchè non occorre di muoverlo; che non guasti la divisione nello scorrere luugo l' asta, e che abbia un nonnio, che faccia conoscere in ogni posizione il numero di millimetri da aggiungersi al numero di centimetri scritto subito sotto della linea che divide a metà lo scopo.

La piastra che forma lo scopo, che si chiama anche

mira, si tiene ordinariamente alta mt. 0, 20, e larga mt. 0,30 e un poco sollevata, dove scorre sopra la divisione, affine di non guastarla; ha nel mezzo un apertura quadrata col lato di mt. 0,05, divisa da un sottile filo di metallo, ch' è in direzione della linea distinta dai colori dello scopo; sotto questo filo è fermato il nonnio, ch' è alto un centimetro, e diviso in dieci millimetri. Questa piastra ha nella schiena saldata una cinta spezzata, che abbraccia l'asta, e ch' è alta quanto la piastra stessa. Nei lati di questa cinta che corrispondono ai lati dell' asta è saldata una molla di acciajo con un piccolo cilindro nel sito in cui tocca il lato dell' asta. Un cordone di canape attaccato cogli estremi sotto e sopra della *mira*, e passando per due piccole girelle fermate sull' alto e sul basso di un lato dell' asta, serve a muovere la *mira*. Un estremo del cordone è attaccato alla *mira*, con ritaglio di cuojo e fibbia, per allungare od accorciare il cordone.

§ 69. Molte sono le forme degli scopi, ma sono certamente imperfette quelle che non combinano le premesse condizioni, e si avverte che usano molti di tenere le aste lunghe mt. 4,00, intere, e stabiliscono poi *sullo* scopo un' asticciuola più sottile, lunga due o tre metri sopra la metà dello scopo, la quale porta nel suo estremo superiore un piccolo scopo, ossia *mira* minore, che pure distinta nella sua metà da due colori opposti serve fino all' altezza di sei o sette metri.

Quando la visuale batte nella *mira* minore bisogna aggiungere al numero di millimetri determinato dalla *mira* maggiore la lunghezza dell' asticciuola fino alla metà della *mira* minore, e quando poi la visuale batte nella *mira* maggiore allora si trascura la lunghezza dell' asticciuola. Le aste che sono formate di molti pezzi incastrati sono difettose perchè si altera facilmente la misura delle divisioni e perchè la *mira* non vi scorre uniformemente come vi si richiede.

ARTICOLO II

Catena Metrica e Dublometro.

§ 70. Quantunque si abbia la Mappa del piano, in cui devesi fare la livellazione, tuttavia bisogna misurare

le distanze di tutti li punti da livellarsi fino al punto del livello in ogni stazione, e ciò per avere gli elementi onde correggere gli effetti della rifrazione e della sfericità, per quelle distanze che indispensabilmente nella stessa stazione sono diseguali. La misura di queste distanze si effettua colla catena metrica e col dublometro, che ha la figura di un gran compasso, chiamato anticamente pertica, perchè la distanza retta delle due punte riesciva di sei piedi, che costituiscono una pertica; ed ora chiamasi dublometro, perchè la distanza delle due punte si riduce a due metri.

La catena è preferibile al dublometro nelle misure grandi, perchè si rilevano con più esattezza e si tiene lunga mt. 10, ed anche mt. 20. Essa è composta di pezzi di filo di ferro, grossi da tre a quattro millimetri, e lunghi un decimetro o due, dal mezzo di un nodo al mezzo dell'altro susseguente. Li nodi che non corrispondono per numerare gli interi metri si fanno riducendo in anello ogni estremo dei pezzi di filo di ferro, e facendo che l'anello di un pezzo sia entro l'anello dell'altro vicino: il filo di ferro nel sito degli anelli dev'essere un poco più grosso bene tornito, e quant'è possibile bene serrato nell'estremo della piegatura, che se è bollita fa risultare assai meno alterabile e molto più solida la catena. S'indica la metà d'ogni metro assicurando una piccola palla di ottone fra li due pezzi di mezzo se son lunghi un decimetro, o nel mezzo del pezzo medio se sono lunghi due decimetri. Le giunzioni per detti pezzi al principio ed al termine d'un metro si fanno con una forte vera di ottone fuso con traverso nel mezzo perchè sia più solida. Ogni 5 metri la vera di ottone ha una grandezza doppia delle altre, per numerare prontamente le frazioni di una catena. Li due estremi della catena hanno due maniglie tornite di ferro che servono ai due misuratori per tendere la catena, ed ogni maniglia è incavata nel dissotto per coprire la testa di uno dei chiodi. Di questi chiodi ve ne sono dieci per marcare il numero delle catene, giacchè il misuratore in avanti pianta un chiodo sotto la propria maniglia, ed il misuratore di dietro dopo di aver sopraggiunto il chiodo vi sovrappone la sua maniglia, e ve la tiene ferma, finchè l'altro abbia tesa la catena, e piantato il successivo chiodo; allora il misuratore di dietro leva il chiodo, e lo con-

serva presso di se finchè è terminata la misura, o finchè (essendo questa molto lunga) abbia raccolti tutti dieci li chiodi, nel qual caso li misuratori devono abbandonare in terra la catena, ed incontrarsi alla metà della distanza l' uno per ricevere, l'altro per consegnare li dieci chiodi da lui raccolti, e tutti due per notare in apposito foglio, oppure in una tacca, o taglia di legno, un segno che indichi le N. 10 catene sovrapposte al terreno, non compresa quella che sta abbandonata, la quale è la prima delle dieci successive. Ogni chiodo è lungo circa 3 decimetri, ed è grosso circa 1 centimetro, la sua testa è ridotta in forma di stampella con un foro per infilzare ogni chiodo entro un grande anello aperto tenuto da ogni misuratore per conservare li chiodi uniti.

§ 71. Il dublometro, che ha la forma di un compasso, si forma con due regoli di legno bene stagionato, ed il più rigido possibile, perchè l'elasticità è tanto dannosa a questo strumento. Li regoli sono lunghi circa mt. 1,30, larghi mt. 0,06 e grossi mt. 0,012. La snodatura dev'essere rotondata in maniera di facilitare il maneggio del compasso; le punte devono essere di acciajo temperato, e ricurve in modo d'insistere perpendicolarmente sul terreno quando il compasso ha la conveniente apertura; le punte devono essere acuminate perchè si fermino nei suoli sassosi facilmente, ma non tanto acute perchè non profondi esso molto nei terreni molli (affine d'impedire il profondamento, poco sopra le punte estreme sono dilatate in forma di un cerchiello con esse immedesimato, il quale sporge tutto all'intorno da 7 in 8 millimetri) nel mezzo dei due regoli se ne assicura un terzo traversale con due viti, che serve a mantenere il compasso coll'apertura di due metri, o con qual' altra misura che si desideri cangiando foro nel regolo traversale.

CAPITOLO QUARTO

STRUMENTI PER LA MISURA DI SCARPE O PENDII

ARTICOLO PRIMO

Staza con Bolla, Canne metriche ed eccezioni per l'uso di questi e di altri strumenti nella misura de' Pendii.

§ 72. Ben di frequente accade nelle linee da livellarsi di dover attraversare argini, strade, alvei ed altro che interrompono la continuità dell'andamento; nelle sezioni traversali dei fiumi e delle strade parimenti accade di misurare molte lunghezze sopra piani molto inclinati, come sono le scarpe loro; e finalmente nei siti montuosi tutte le misure che si prendono sul terreno inclinate devono essere ridotte alla distanza orizzontale degli estremi della misura.

Fuorchè le pendenze dei monti tutte le altre di non rilevante eminenza dal piano, e di non grande lunghezza soglionsi misurare col mezzo di una staza con bolla, e di una o due canne, onde avere nello stesso tempo la misura della lunghezza orizzontale, e l'altezza dell'inclinazione.

Staza.

La staza si forma con una grande riga, lunga mt. 4, alta mt. 0,16, e grossa centimetri 3. Dev'essere esattamente lavorata ed almeno uno de'suoi lati dev'essere scrupolosamente retto.

Siccome adoperasi di canto, così presso il lato retto nelle due facce laterali si marca la divisione distinta in metri, decimetri e centimetri. Nel lato superiore della riga si assicura con due viti un tubo con bolla d'aria eguali a quelli descritti pel livello; segno è che il lato retto della staza è a livello quando la bolla sia nel mezzo, e che vi resti anche rivoltando gli estremi della staza sugli stessi appoggj.

Canne.

Le due canne si fanno di faggio, cilindriche, o paralellepipede, lunghe mt. 4 e grosse centmt. 5, e da una parte, hanno tutto lungo una divisione distinta in metri, decimetri e centimetri. Le teste delle canne devono essere presidiate da una vera e da una testa di chiodo di ferro. Volendo pertanto misurare una scarpa, e riferirla ad uno dei punti osservati col livello e cogli scopi, si appoggia un estremo della staza sopra un punto di livellazione se qnesto è superiore di livello, e s'è inferiore vi si colloca sopra una canna verticale sopra l'altro estremo della pendenza, quando però la distanza orizzontale dei due estremi non sia maggiore di 4 metri; poi facendo appoggiare a tutte due le canne la staza posta di canto e tenutavela ridossata dalli due misuratori, che tengono le canne colla scorta della bolla la si *mette* a livello, e quindi si nota per orizzontale tra li due punti la misura marcata dalla staza tra il mezzo delle due canne, e per altezza di un punto sopra l'altro la differenza delle due canne dai punti su cui appoggiano fino al dissotto della staza. Se la distanza tra un punto e l'altro fosse maggiore di 4 metri, allora si fanno due o più stazioni nel modo descritto, mettendo sempre la staza nel punto susseguente dell'antecedente stazione, o sopra la canna che vi corrisponde.

Se da un punto all'altro, in cui sono appoggiate le canne la scarpa ha delle sensibili ineguaglianze, allora con un' altra canna, prima di rimuovere la staza, si misura perpendicolarmente alla staza la rispettiva altezza, per dedurvi sempre l'altezza della canna precedente, e si nota anche a qual punto della divisione della staza corrisponde il punto intermedio, onde avere la sua misura orizzontale.

Per collocare verticali le canne si fa uso di un filo con palla di piombo; e per rendere facile l'appoggio della staza sulle canne, sarebbe bene di tenere più grosse le canne, onde potervi scavare un incastro a coda di gazza, tutto lungo dalla parte della divisione, per internarvi un cursore lungo poco più di un metro, ne'cui estremi sporgessero due appoggj pella staza; il superiore per le altezze grandi, e l'inferiore per le altezze pic-

cole, con una vite di pressione si può fermare il cursore dove piace. Usano alcuni di adoperare in vece della bolla un archipenzolo; ma ciò non è usato però da chi vuole operare colla possibile esattezza.

Questo metodo di misurare le scarpe è buonissimo quando le scarpe sono corte e poco alte, ma vedesi bene ch' essendo assai lunghe ed alte l' operazione esige molto tempo, e si moltiplicano li piccoli errori, che separati sono trascurabili ed uniti producono sensibili differenze.

ARTICOLO II

Indicazione dei Clitometri, e preferenza all' Orosmetro del Ventretti.

§ 73. Quando trattasi di dover misurare delle grandi pendenze bisogna ricorrere ad altri stromenti.

Il Clitometro a perpendicolo, ed il livello di pendenza del sig. Chezy, entrambi descritti dal sig. Puissant nel suo trattato di Topografia, servono a dare li rapporti di una pendenza tra il cateto verticale, ed il cateto orizzontale, non già la loro misura reale.

Lo strumento a quest' oggetto il più commendabile per la sua semplicità nella costruzione e nell' uso, e perchè offre tutti li risultamenti che possono desiderarsi, senza bisogno di calcolo alcuno, è l' *Orosmetro* del celebre e benemerito sig. Francesco Ventretti Professore di Matematica nell' antico Collegio militare di Verona.

Quest' uomo, che nelle non poche sue instituzioni pratiche pubblicate a comune vantaggio fa spiccare la precisione, la verità, la semplicità, inventò l' Orosmetro l' anno 1773, e lo descrisse nelle sue annotazioni alla settima edizione della Geometria pratica del Perini fatta in quell' anno a Bassano. Riprodusse poi la stessa descrizione nel suo libro stampato a Verona l' anno 1778, ed intitolato *Nuove Pratiche di Geometria ec.*

Benchè ognuno possa informarsene nelle citate opere, tuttavia non essendo ora tanto comuni, se ne riporterà qui l' originale sua descrizione ed uso.

ARTICOLO III

Descrizione originale dell' Orosmetro del Ventretti.

« § 74. Per la maggior facilità e prontezza nel caso »di doversene prevalere senza aver molto intervallo di »tempo per fabbricarlo di metallo, si fa di legno di »noce, da una tavola del quale grossa circa mezz' oncia »(mt. 0,015) si taglierà un quadrante di circolo di se»midiametro almeno un piede (mt. 0,342) come dimo»stra la figura *ABC* (*fig.* 18); ma bisogna avvertire »prima di tagliarlo, che devesi disegnare nel seguente »modo, perchè riesca in simmetria ed a proposito.

»Si formi a cagion d' esempio il quadrato *ABDC*; »e tirate le due paralelle *EF*, *EG* alle due *AB*, *AC* »distanti da esse un' oncia (mt. 0,03) si faccia centro »in *E*, e con l' intervallo *EF*, o *EG* si descriva la quar»ta parte di cerchio *FG*, che la porzione di tavola »*ABFGC* sarà quella che dovrà tagliarsi.

»Questa porzione si appiani perfettamente levigandola »con politezza; e sopra di essa da una parte vi si di»stende un foglio di carta consistente bene agglutinato »con colla; sopra il quale si tirino di nuovo le due pa»ralelle *EF*, *EG* alle due *AB*, *AC* distanti un' oncia »(mt. 0,03) come si è detto, la prima occulta, e l' al»tra apparente se si vuole, e si osservi che devono es»sere perfettamente ad angolo retto nel punto *E*.

»D' intorno a questo punto deve aggirarsi liberamente »la riga *HI*, fatta nella maniera che dimostra la figura, »cioè a dire lunga un piede (mt. 0,342) larga tre quar»ti d' oncia (mt. 0,023) grossa due punti (mt. 0,005), »e che d' intorno all' angolo *H* abbia la porzione circo»lare di legno, col mezzo della quale facendosi un per»tugio in *H*, si possa inserire in un perno fisso in *E* »della grossezza d' un ago, e girare con libertà circa »d' esso , e dalla parte *HI* si farà tagliare alquanto in »isbiescio, come dimostra la linea *KL*, per la ragione »che applicata al quadrante possano le parti di essa sta»re immediatamente sopra le parti di questo, coll' aver»vi prima disteso della carta incollata come l' altra, e »dalla parte superiore solamente che serve all' uso.

»Inserita dunque la riga *HI* nel perno fisso in *E*, si

» ponga il quadrante verticalmente in modo, che il lato
» *A B* sia perfettamente a piombo; e lasciando girare nel-
» la sua libertà la riga *H I* si vedrà per cagione della sua
» struttura essere trasportata dalla sua gravità a situare
» obbliquamente sopra il quadrante il lato *H I* corrispon-
» dentemente alla linea *E M*, la quale si segnerà con ac-
» curatezza, perchè in essa consiste la perfezione dell' i-
» strumento.

» Sopra di questa linea cominciando dal punto *E* si
» marcheranno settantadue parti uguali, tanto grandi che
» possano arrivare in vicinanza del punto *B*, e le stesse
» parti si marcheranno sopra la riga cominciando in *H*
» sino in *I*, cosicchè le parti della riga inserita nel suo
» perno si adattino perfettamente alle parti segnate nel
» quadrante. E perchè si possano conoscere con distin-
» zione tanto nel quadrante che nella riga si formeranno
» con larghezza, cioè tirando due paralelle *em, hi* alle
» due *E M, H I*.

» Si formeranno per ultimo sopra la linea *E M* settan-
» tadue semicircoli uno maggiore dell' altro, che tutti si
» tocchino nel punto *E*, come si vede chiaramente in fi-
» gura caricando di dieci in dieci la loro linea per ajuto
» della nostra fantasia in contar le parti; e in questa gui-
» sa sarà compita la fabbrica dell' istrumento.

Proprietà dell' istrumento.

» La sua proprietà in genere per il nostro intento è
» di tramutare con sicurezza ogni quantità di parti
» andanti di una linea inclinata in un' altra quantità
» delle stesse parti in una linea orizzontale, sottopo-
» sta alla detta linea inclinata; cosicchè sia sempre vero
» che sapendosi da noi quanto sia lungo un pendìo d'un
» monte in una nota misura, si possa subito nella stessa
» misura sapere, quanto vi corrisponda in lunghezza di
» quel terreno che si giace perfettamente di sotto, consi-
» derato in una vera orizzontale pianura. Per cagion d'e-
» sempio se vi fosse il monte (1) *D A B* (*fig.* =) del qua-

(1) Si è ommessa la figura del monte potendosi supporre una sua pendenza in direzione della quale adattato il lato *A C* della fig. 18 il pendolo *H I* declini dalla base dei semicerchj com'è disegnato, ossia formi un angolo eguale a quello suddetto *A B C*, ch' è quello che forma la linea di pendenza coll' orizzonte.

» le si sapesse che il pendio *A B* è lungo pertiche 29
» (mt. 59,682) si troverebbe che la *C B* sarebbe perti-
» che 21 (mt. 43,218), quando così lo importasse l'an-
» golo *A B C*, il quale angolo viene già misurato dall' i-
» strumento, senza che dall' operante vi si faccia veruna
» avvertenza.

» La sua proprietà in ispezie consiste, ch' essendo divi-
» se in parti settantadue le linee *E M*, *H I* (*fig.* 18) ogni
» una di queste si considera per una pertica (mt. 2,058)
» se la trasmutazione si cerca in pertiche. Se le pertiche
» non siano più di dodici ogni sei di dette parti segna-
» te *a*, *a*, *a*, *a*. ec. si considerano una pertica, e ciascuna
» di esse un piede; e se ancora con maggior precisione
» si voglia la trasmutazione d' una pertica, o meno d' una
» pertica ogni una delle stesse parti si considera per un'on-
» cia (mt. 0,03), ed ogni dodici segnate *b*, *b*, *b*, ec. per
» un piede (mt. 0,342).

Uso dell' istrumento.

» Si adopera verticalmente traguardando sempre in tut-
» te le operazioni sopra il lato *A C* (*fig.* 18). E perchè
» in due maniere si può considerare il pendio d' un mon-
» te cioè dall' alto venendo al basso, il che si chiama de-
» clività; e dal basso andando all' alto che si dice accli-
» vità; così per la declività si traguarderà da *A* in *C*, e
» l' acclività da *C* in *A*.

» Nel traguardare verticalmente con l' istromento o dal-
» l' alto al basso per la declività del monte, come dimo-
» stra la fig. =, o per l' acclività dal basso all' alto, come
» nella figura =, sempre avviene che cada la riga verso
» il centro della terra, cosicchè l' angolo *B A C* (1) (*fig.* =)
» sia l' elevazione del pendio del monte sopra l' orizzonte;
» il che basti aver accennato per un principio di dimo-
» strazione alle persone dotte in Geometria, le quali poi
» conosceranno da se il rimanente, senza che qui si es-
» ponga, ove ha luogo solamente la pratica. »

---

(1) Ossia l' angolo *M E I* come nella fig. 18.

ARTICOLO IV

Osservazioni, e modificazioni sulla costruzione, e sull' uso dell' Orosmetro. Teoria dell' Orosmetro per l' uso proposto dal suo inventore.

§ 75. Questo strumento tanto semplice, e che può essere di un uso estesissimo, come si vedrà in appresso riconosce la sua teoria da puri principj geometrici.

Sia *A C M C* (*fig.* 18 *bis.*) il quadrante dell' Orosmetro; *A C* la base dei semicerchj; *A I* la direzione del pendolo; *A H* il pendío misurato; *G H* il cateto orizzontale del pendio medesimo.

Posto pertanto lo strumento col centro *A* verticalmente al punto *G*, ed il lato *A C* nella stessa direzione di *A H* oppure a questa paralella; il pendolo *A I* intersecherà il semicerchio *A F C* in *B*. Quindi l' angolo *C A B* = ang. *H*, poichè entrambi sono complemento dello stesso angolo *G A H* per formare un angolo retto.

È poi da osservarsi che, unendo colla corda *B C* l' intersezione *B* all' estremo *C* della base del semicerchio *A F C*, l' angolo *A B C* è retto (Prop. XXXI, lib. III d' Euclide); dunque il triangolo rettangolo *A B C* è simile al triangolo rettangolo *A G H*, e però essendo diviso il lato *A C* in un numero di parti eguali fra loro, ed eguali a quelle in cui è divisa l'asta del pendolo *A I*, e che quel numero sia eguale al numero delle unità misurate in *A H*; risulta chiaro che dal numero di parti contenute da *A* fino *B* si rileverà quante unità di misura contenga il lato *G H*.

§ 76. Ecco dimostrato quanto propone nella premessa descrizione il Ventretti; ma egli nello stesso libro, dove tratta delli Profili di Livellazione alla pag. 43, manifesta come sia incomodo, anzi impossibile di servirsi del livello, e degli scopi per le livellazioni nei monti; e propone l' uso dell' Orosmetro, mediante il quale col solo dato della misura rilevata sul pendio, traguardando questo collo strumento; posto in modo che il suo lato vicino alla base dei semicerchj sia perpendicolare alla visuale, trova come fu detto l' orizzontale misura del pendìo. Poscia rivoltando lo strnmento per mettere il detto lato in

linea colla visuale, ossia facendo che la base *A C'* del semicerchio *A B' C'* sia in linea col pendio *A H*, trova la misura dell'altezza del pendio, misurando colla divisione del braccio del pendolo la corda *A B* che (attesa la simiglianza dei triangoli rettangoli *A G H*, *A B' C'*) è nella stessa ragione con *A G* come *A C* sta con *A H*. Nel termine poi della pratica dei profili, alla pag. 47, dichiara il Ventretti che quantunque fosse lo strumento di una conveniente grandezza, porta di sua natura, che quanto più li semicerchj si accostano al punto del comune contatto, si confondono tanto più fra loro e non si possono distinguere l'uno dall' altro, ed osservando che risulterebbe imperfetta la determinazione della verticale delle pendenze, conchiude che in simili casi giovi di estrarre la radice dalla differenza dei quadrati di *A C*, e di *A B* per trovare il valore di *A B'*.

§ 77. Se pertanto l'orosmetro serve da clitometro e da livello con tanta semplicità, perchè non si dovrà studiare il modo di perfezionarlo onde divenga lo strumento il più utile, e quindi il più necessario alla Topografia? Nelle seguenti osservazioni si proporranno alcune modificazioni sulla sua costruzione e sul suo uso, per cui potrà servire a dare la misura dei cateti verticali ed orizzontali di qualunque pendìo, e sempre con eguale distinzione, senza bisogno di calcolo alcuno, nè di cangiar posizione allo strumento pella determinazione dei due cateti di uno stesso pendio. Ottenendosi con esso le misure fino a 500 metri; oppure fino a 50 metri coi decimetri; oppure fino a 5 metri coi centimetri.

§ 78. L' eccentricità del pendolo è chiaro che non porta alcuna alterazione, giacchè il suo asse diagonale è sempre verticale; bisogna però che la sua sospensione sia accuratissima, perchè sia pronto ai più piccoli deviamenti, e perchè ivi l'attrito sia il minor possibile.

Onde assicurarsi della giusta posizione del pendolo sarà bene di adattarvi nell'estremo inferiore uno dei descritti tubi con bolla d' aria lungo almeno mt. 0, 12. Siccome l' attrito può allungare il pendolo, sicchè non corrispondano più le sue divisioni con quelle della base dei semicerchj così bisogna con una forte vite di verme minuto accorciare presso la sospensione l'asta del pendolo, come dimostra la *fig.* 18 *ter*.

§ 79. Considerando poi la *fig.* 18 è chiaro che per

avere la misura del cateto dell'altezza AG non vi è bisogno di cangiar posizione all'orosmetro, giacchè ritenendo la dimostrazione data al § 76, osservasi che AG corrisponde a BC, quindi non trattasi che di prendere coll'apertura di un compasso questa corda, e di riportarla sulla base AC, onde sapere quante parti eguali contiene; e se poi non si volesse adoperare compasso, si potrà formare un perno che scorra entro apposito incastro paralello alla base dei semicerchj intorno a cui si aggiri un braccio diviso in parti eguali a quelle della detta base. La lunghezza di questo braccio basterà che superi di poco la corda della metà del semicerchio massimo. Movendo quindi il perno, e girando il braccio finchè incontri l'estremo C del rispettivo diametro, ed il punto d'intersecazione del pendolo in B, si appoggerà il braccio sopra il pendolo, e così si leggeranno contemporaneamente le misure delli cateti orizzontale e verticale dell'osservata pendenza.

§ 80. Affine di evitare la confusione degli archi presso al comune contatto, semprechè il pendolo farà colla base un angolo maggiore del semiretto (ciocchè si conoscerà quanto il punto F resterà sotto al pendolo) allora si userà l'espediente di rivoltare l'orosmetro, sicchè in direzione della visuale sia la base, ed allora basterà distinguere che il pendolo misurerà le altezze, ed il braccio aggiunto le orizzontali.

In tal maniera è manifesto che la distanza fra gli archi tagliati dalle direzioni del pendolo e del braccio aggiunto, sarà sempre maggiore della metà di una delle parti in cui è divisa la base de' semicerchj, e quindi sarà sempre di sufficiente distinzione.

§ 81. Venendo poi ora a trattare sulla divisione delle parti nello strumento vedesi a colpo d' occhio che la divisione decimale è la più conveniente, perchè lo stesso strumento può servire nella stessa sua forma alle operazioni le più grandi ed insieme alle più minute. Quindi sarà bene di tenere la base dei semicerchj lunga mt. 0,50 e dividerla in 5 parti, ciascuna di queste in dieci, ed in fine ognuna delle cinquantesime suddividerla in dieci che saranno cinquecentesime della base, e però 500 saranno li semicerchj che ad ogni 10 uno sarà punteggiato. Con eguale distinta divisione sarà marcata l'alidada del pendolo, e quella del braccio aggiunto, che conterrà le so-

le parti comprese dalla sua lunghezza, che sarà maggiore della massima corda corrispondente all'angolo semiretto formato dal pendolo colla base.

Se la misura della scarpa è minore di 5 metri si otterranno nelle misure dei cateti, ed anche nelle scarpe stesse, essendovene, le frazioni fino ai centesimi. Dai 5, ai 50 metri essendo la misura della scarpa si potranno avere nello strumento le frazioni coi soli decimi. Dai 50 ai 100 metri considerando 5 parti cinquecentesime per un metro si avranno le frazioni di 2 in 2 decimi. Dai 100 ai 250 metri prendendo due cinquecentesime parti per un metro si otterranno le metà. Finalmente dai 250 ai ai 500 non si avranno le frazioni che a stima d'occhio; ma ciò sembra ben sufficiente giacchè con qualunque strumento si operi su di un monte si avranno a fare delle approssimazioni di maggior entità. Si osservi però che le irregolarità delle pendenze nei monti non dà già occasione che rara di fare stazioni collo strumento che sieno maggiori di 100 metri.

§ 82. Affinchè l'orosmetro servir possa non solo a rilevare le pendenze esistenti, ma anche a tracciarne di qualunque sorta, non si avrà che a dividere la metà inferiore del massimo semicerchio in 45 gradi e suddividere ogni grado in 12 parti ognuna di 5 minuti primi, applicando una doppia numerazione da 1 fin 45 l'una da *C* verso *F*, e l'altra da 45 fin 90 da *F* verso *C*. Poichè l'angolo alla circonferenza sulla stessa corda è la metà di quello al centro (Prop. XX lib. III Euclide) così l'angolo del pendolo colla base dei semicerchj (ch'è quello dell'inclinazione della scarpa od il suo complemento, secondo che la base è normale o paralella alla linea della pendenza) sarà misurato dalla metà dell'arco su cui insiste, e quindi tutto il quadrante diviso misurerà un solo angolo semiretto. Calcolato pertanto l'angolo d'inclinazione della scarpa coll'orizzonte, nella ragione che si assegna ai cateti (ciocchè si avrà nella tavola VI calcolata per guida dell'uso dell'orosmetro nelle pendenze più comuni, pegli argini, pelle strade e pei muri di rivestimento) collocando l'orosmetro in modo che il pendolo colla base facciano quell'angolo che si desidera, od il suo complemento, il lato superiore dell'orosmetro dirigerà il pendio ricercato.

La tavola VI esprime chiaramente la ragione astrat-

ta dei cateti delle pendenze più usate nelle opere, e la quantità di caduta per ogni metro orizzontale di ciascuna pendenza. L'angolo poi di ogni pendenza coll'orizzonte è calcolato col principio che li due angoli acuti in un triangolo rettangolo hanno le loro tangenti nella ragione dei lati loro opposti, e perciò chiamando a l'angolo della pendenza coll'orizzonte; p il suo cateto verticale; b il cateto orizzontale, ed R il raggio trigonometrico; si avrà il valore di a dalla seguente formula:

$$\text{tang. } a = \frac{p \times R}{b.}.$$

§ 83. Il Ventretti non regola la visuale dell'osservatore se non che cogli orli dei lati del quadrante; ma vedesi bene quanta inesattezza porterebbe tal disordine nell'operazione, e perciò si crede bene di proporre l'internamento di due canali coperti nei due lati del quadrante, quali s'incroceranno nell'angolo. Corrispondentemente a ciascun canale si faranno presso l'angolo li due fori occulari, e negli estremi opposti che saranno aperti si porrà una retticola di due crini, e così si avranno due dioptre *fisse*.

Volendo misurare delli lunghi pendii sarebbe bene allora che in vece dei due canali vi fossero due cannocchiali nei quali il tubo delle occulari fosse comune per introdurlo nel cannocchiale che deve servire attualmente, giacchè si è detto che o l'uno, o l'altro dei due lati serve per osservare tutti due li cateti di un pendìo.

§ 84. Fin qui si è perfezionato l'orosmetro ritenendo la precisa forma descritta dal celebre suo inventore; ma se si considera che la forma di quadrante non gli lascia che un solo punto d'appoggio sul terreno, si vedrà ch'è assai meglio di assegnargli la figura di un quadrato; perchè allora non occorreranno nè dioptre nè cannocchiali; adattandosi il lato del quadrato opposto e paralello a quello che dovrebbe servire di traguardo sopra la stessa pendenza, o sopra una staza postata in direzione colla pendenza. Questo spediente che per proprietà del paralellismo, non cagiona alcuna alterazione all'effetto dell'orosmetro, rende anzi più facile e spedito il suo maneggio, tanto nelle grandi che nelle piccole pendenze; rendendosi anche indifferente la parte della pendenza in cui devesi collocare; ciocchè tanto più è utile, in quan-

to che potendosi dare il caso di un pendìo, fra due altri pendii con cui non si formino angoli salienti ma rientranti, allora non si potrebbe colla visuale in alcun modo infilare il pendìo internato, ammenocchè non si scavasse una fossa per lo strumento, e per l'osservatore.

§ 85. In conclusione l'orosmetro sembra ridotto così capace di qualunque uso grande e minuto. Un quadrato del lato di mt. 0,55, formato di pero, o di qualsivoglia altro legno bene stagionato, esattamente lavorato nei suoi lati con una piastra di ottone, e meglio ancora di argento per l'incisione di 500 semicerchj; col pendolo migliorato come al § 78, e col braccio aggiunto a norma del § 79; è lo strumento rappresentato dalla *fig.* 18^{IV}, che unitamente ad una staza, e ad una catena serve a fare il profilo di qualunque gran montagna; e nello stesso tempo colla maggior precisione può servire pelle sezioni dei fiumi e delle strade, e tutto ciò a preferenza di qualunque livello, e di qualunque clitometro finora immaginati. Quanto sarebbe utile che questo stesso strumento congegnato sopra di un piede servir potesse anche da grafometro! Ed associando in conveniente maniera il tedometro del signor Utschneider all'orosmetro, egli diverrebbe l'istrumento il più indispensabile. Ma ciò basti per non sortire dai limiti del presente trattato.

ARTICOLO V

Strumenti pelli scandagli.

§ 86. Una funicella alquanto più lunga della maggior larghezza dello specchio dell'acqua nel fiume da scandagliarsi, con corti fili pendenti di due in due metri a foggia di una lenza da pescatori, serve ad indicare gli intervalli degli scandagli da farsi. Quest'intervalli possono marcarsi anche mediante piccole palle nere di legno infilzate dalla funicella, e convenientemente fermate. Perchè poi la funicella sia meno alterabile nel bagnarsi la si fa bollire nell'acqua prima di applicarvi in qualunque modo le divisioni.

Gli scandagli sono canne lunghe da 4 fino a 7 mt. divise come quelle del § 72; e dev'esser proporzionata la loro grossezza alla loro lunghezza, alla forza dell'acqua

e dello scandagliatore. All' estremo inferiore dello scandaglio si assicura orizzontalmente un disco di ferro, col diametro di mt. 0,15, e sopra questo si ferma con chiodi un pezzo di pelle di capretto, la quale bene spalmata con sego serve a staccare la materia toccata nel fondo, ed a trasportarla fuori di acqua, affine di far conoscere la natura del fondo.

Nelle grandi profondità bisogna adoperare una catena metrica, lunga mt. 20, ed anche più, come quella del § 70, assicurando fortemente all' estremo inferiore un peso di ferro, proporzionato alla profondità ed alla forza della corrente, di figura piana al disotto per non rotolare, e per inchiodarvi il pezzo di pelle di capretto, come nel disco degli scandagli.

PARTE TERZA

PRATICA DELLA LIVELLAZIONE

CAPITOLO PRIMO

RETTIFICAZIONE DEGLI STRUMENTI E SINGOLARMENTE DEL LIVELLO

§ 87. Esposte pertanto nelle due parti precedenti le Teorie della livellazione e la descrizione degli strumenti relativi, si passerà ora a descrivere la pratica, che consiste nella rettificazione degli strumenti, nel loro uso in campagna col metodo dei registri dei rilievi, e nella riduzione dei profili.

Siccome gli strumenti sono soggetti ad alterarsi o per l'attrito nell'adoperarli, o per effetto della variazione di temperatura nell'atmosfera, così è necessario di riscontrare se le prodotte alterazioni sconcertino li sistemi degli strumenti, e ciò prima d'intraprendere le operazioni ed anche nel corso di esse.

ARTICOLO PRIMO

Rettificazione del Cannocchiale.

§ 88. Il livello a bolla descritto nella Parte II si rettifica più facilmente d'ogni altro nella sua specie.

Si osservi prima di tutto la giustezza del cannocchiale; e perciò 1.° se l'oggettivo si trovi a distanza conveniente alla vista dell'osservatore, se non è a posto lo si riduce avanzando o ritirando il tubo Ω Ω (*fig.* 8) col muovere la vite perpetua ξ finchè si distinguino gli oggetti colla maggior chiarezza.

2.° Si esperimenti se la retticola dei fili in *t*, *t*, è nel nel fuoco dell'oggettivo, e ciò si faccia muovendo l'occhio nel foro *o* dell'occulare leggiermente dall'alto al

basso e viceversa, quindi se li fili presenteranno una parallasse, ovvero se la loro immagine sembra provare della confusione riguardo all' oggetto esterno, allora bisogna far scorrere convenientemente il cilindro della retticola nel modo descritto al § 58 finchè sia tolta affatto la detta parallasse.

3.° Si riscontri se l'intersecazione dei fili si trova nell'asse ottico del cannocchiale, e ciò si conoscerà quando, fissando prima un punto esterno cui corrisponde l'intersecazione dei fili, si farà fare un mezzo giro al tubo degli occulari, muovendo la vite perpetua ξ' a norma del § 55: se allora l'intersécazione dei fili corrisponderà collo stesso punto esterno, sarà segno ch' essa è nell'asse ottico, altrimenti bisogna muovere li due telaj dei fili, com' è spiegato al § 56, finchè l'intersecazione colpisca sempre nello stesso punto esterno, per quanto si faccia girare il tubo degli occulari.

4.° In fine bisogna provare se il filo verticale sia veramente verticale, e per conseguenza se sia giustamente posto il filo orizzontale. Ove manchi un angolo verticale di una fabbrica, si fa calare da un ramo di un albero un filo, assicurandovi al basso un gran peso che tenga a piombo il filo, anche ad onta di qualche piccola agitazione d'aria: indi traguardando col cannocchiale questo filo, se il filo verticale della retticola, non coincide affatto coll' estremo, lo si riduce colla vite ξ'.

ARTICOLO II

Rettificazione delle viti, e delle bolle d'aria.

§ 89. Assicurata in tal guisa la giustezza del cannocchiale bisogna fare un' esatta revisione a tutte le viti del piede del livello, per rilevare se scorrono uniformemente nelle loro madriviti, e nel caso che vi scorressero troppo liberamente bisogna stringere le madriviti nel modo descritto al § 36.

§ 90. Si rettificheranno poi le due bolle TV, VU (*fig.* 13) nel modo descritto al § 39; e queste dovranno, essendo rettificate, restare sempre nel mezzo dei loro tubi in qualunque senso orizzontale si giri il gran piatto OP, intorno la sfera del suo pedale (*fig.* 8).

§ 91. Posta poi nel mezzo la bolla, ch'è sopra il

cannocchiale mediante il micrometro sotto l'appoggio Z (*fig.* 8), la costruzione dello strumento si sperimenterà esatta, se facendo fare quante rivoluzioni si vuole al piatto minore $p\,q$, col mezzo del manubrio X, resterà sempre nel mezzo la detta bolla, il cui asse deve sempre conservarsi paralello al piano in cui si sfregano li due piatti $O\,P$, $p\,q$.

ARTICOLO III

Rettificazione del proposto livello con una sola stazione e con un solo scopo.

§ 92. Ora non resta che di assicurarsi se l'asse ottico sia paralello a quello della bolla del cannocchiale. A questo fine traguardando col cannocchiale del livello $M\,L$ (*fig.* 19) lo scopo $S\,Z$ suppongasi che, non essendo la direzione $A\,B$ dell'asse ottico paralella all'asse della bolla $c\,b$, la visuale si diriga nello scopo in C. Fatti sortire li due tappi $\varphi\,\varphi$ (*fig.* 8) nelle due vere sopra gli appoggj Z, Σ, si apriranno le due loro metà superiori (§ 46), e si leverà il cannocchiale per rimetterlo capovolto in modo che l' occulare corrispondi dalla parte dell'appoggio Σ. Guardisi bene in questo rivoltamento che non s'insinui alcuna sorta d'immondezza tra le vere, ed il tubo. Si farà fare col manubrio X un mezzo giro allo strumento, finchè l' oggettivo si trovi nuovamente alla parte dello scopo. In questa seconda posizione l'asse del cannocchiale, che prima aveva la direzione $A\,B$ (*fig.* 19) ora viene ad avere quella di $A'\,B'$, e l'asse della bolla $b\,c$ che prima era orizzontale s'inclinerà secondo la direzione $c'\,b'$.

Si osservi per mezzo del cannocchiale lo scopo, si noti il punto C' in cui la visuale incontra lo scopo e la distanza $C\,C'$ nello scopo determina il duplo errore dell'asse ottico. Il punto X, ch'è nel mezzo di detta distanza indicherà la correzione da farsi al cannocchiale; ma prima di farla si alzerà tanto il micrometro, ch'è ridotto dalla parte dell'oggettivo, finchè la bolla torni nel mezzo. Si conoscerà in tal modo se il rivoltamento del cannocchiale siasi fatto con esattezza, perchè così l' asse della bolla deve coincidere colla posizione che aveva prima del rivoltamento, e quindi la visuale si di-

rigerà nello scopo al primo punto *C*. Ottenuta quest'assicurazione si abbassa il micrometro, finchè la visuale incontri il punto *X* nello scopo. Mediante poi la vite λ (*fig.* 8) si porti nel mezzo la bolla, che sarà scappata pel movimento del cannocchiale. Così il livello è rettificato perchè gli assi del cannocchiale e della sua bolla sono paralelli al piano del gran piatto *P O*, la cui orizzontalità è esplorata dalle due bolle, che in esso sono fissate. Affine di accertarsi maggiormente che ciò sia, con non minore accuratezza di quella esercitata nella prima volta si eseguisce di nuovo il rivoltamento del cannocchiale entro la doccia che lo comprende, e col manubrio *X* fatto mezzo giro del cannocchiale, se la visuale colpirà lo scopo nello stesso punto *X* (*fig.* 19) sarà la prova che la rettificazione fu bene eseguita.

Se l'asse ottico declinasse verso lo scopo, prima della rettificazione in vece di elevarsi, come si suppose, operando collo stesso metodo, non si farà che abbassare il micrometro dove si disse di alzarlo, e viceversa.

ARTICOLO IV

Rettificazione dei livelli che non hanno il Cannocchiale capovolgibile, con due stazioni.

§ 93. Potendosi poi dare che accada di adoperare dei livelli, che non abbiano il piano esplorato, come quello in *P O* (*fig.* 8), e che il cannocchiale sia fermo ne' suoi appoggj, per cui non possa venire rivoltato; così si esporrà il modo di rettificare in questi livelli che l'asse ottico sia paralello a quello della bolla. Si previene però che riguardo alla rettificazione del cannocchiale è indispensabile ch'egli sia fornito dei movimenti di quello qui descritto, e perciò dessa si otterrà nella maniera indicata al § 88.

§ 94. La rettificazione di questi livelli non si può fare con un solo scopo nè con una sola stazione, ma bisogna operare come segue.

Scelta una pianura vasta, e col suolo compatto e regolare si colloca il livello in *o* (*fig.* 20), e ad eguali distanze, ed in una stessa retta si piantano in *m*, ed *n* due scopi. Posta la bolla del cannocchiale nel mezzo si osservi prima lo scopo *m*, e la visuale cada in *b*. Si

faccia mezzo giro collo strumento, finchè il cannocchiale incontri lo scopo *n* in *c*. Notinsi le altezze *bm*, *cm* dei due scopi osservati. Se lo strumento è bene costruito, e se si è bene operato, la bolla deve restare nel mezzo, anche nella seconda visuale; altrimenti essendo, diventa superflua ogni rettificazione. Egli è poi chiaro che facendo sempre l'asse ottico un egual angolo coll' asse della bolla, li punti osservati ad eguali distanze risulteranno a livello; dunque la retta *b c* è orizzontale. Si porti poi il livello in *p* a distanza arbitraria dallo scopo *n*, ed in direzione di vedere entro il cannocchiale entrambi gli scopi, uno per parte del filo verticale, e sieno in *h*, *i*, incontrati li scopi dalla visuale. Notinsi le altezze *mi*, *nn* in quest'ultima osservazione. Misurinsi esattamente le distanze orizzontali *mn*, *np*. Ciò fatto si avrà $bi = mi - mb$, $hc = nh - cn$; hs paralella all' orizzzontale $bc = mn$; e dt pur paralella alla detta orizzontale $= mn + np$. Si troverà nello scopo *m* il punto *t*, cui diretto il raggio visuale diventerà orizzontale, facendo $ti = \frac{(bi - hc)\,dt}{hs}$. E si troverà anche nello scopo *n* il punto *r*, per cui deve passare il raggio orizzontale, facendo $hr = ti + hc - bi$.

§ 95. Dirigendo quindi il cannocchiale in modo che il suo asse ottico incontri il punto *t* nello scopo *m*; se lo scopo *n* sarà incontrato nel punto *r*, sarà indubitabile che l'operazione fu bene eseguita, e si potrà ridur paralello l'asse della bolla a quello del cannocchiale, nella sua corretta posizione, col già descritto moto dell' estremo del cilindro che la contiene.

§ 96. Può accadere come nella *fig.* 21, che la visuale della seconda stazione in *p* intersechi lo scopo *n*, in un punto *h* inferiore a quello *C*, della prima stazione, allora si ha $hc = cn - nh$; e perciò $ti = \frac{(bi + hc)\,dt}{hs}$; dunque generalmente quando la visuale si eleva sopra l'orizzonte della sua origine la correzione nello scopo *m*, è espressa da $ti = \frac{(bi \mp hc)\,dt}{hs}$, applicando il segno —, o + alla differenza *hc*, secondo che il punto *h*, è sopra o sotto del punto *C*, e per conseguenza $hr = ti \pm hc - bi$ esprimerà la correzione nello scopo *n*.

§ 97. Le *figure* 22 e 23 dimostrano l'operazione me-

desima suddescritta, ma nelli casi che la visuale declini dall'orizzonte della sua origine; e perciò dalla sola ispezione delle figure risulta applicabile la premessa formula, colla variazione che $si = hc - bi$ quando i è superiore a b, ed $si = hc + bi$ quando i è inferiore a b. Quindi la formula comune a questi due casi di correzione pello scopo m sarà

$$ti = \frac{(hc \mp bi)\,dt}{hs}; \text{ ed } hr = ti \pm bi - hc$$

sarà la correzione pello scopo n.

ARTICOLO V

Rettificazione d'ogni specie di livello colla superficie di un'acqua stagnante.

§ 98. Accadendo di trovare uno spazioso stagno di acqua, mn, (*fig.* 24), in cui si possa misurare la distanza mn, ed avere fuori dello stagno un punto p alquanto distante, ed in linea coi punti m, n; si potrà verificare la rettificazione tanto dei livelli con cannocchiale fermo, come di quelli col cannocchiale capovolgibile, nel modo seguente con una sola stazione, ma con due scopi.

Stabiliscansi due scopi in m, ed n sopra di pietre, o di picchetti che collimino nelle superiori loro superficie col pelo d'acqua dello stagno.

Collocato poi il livello in p, in modo di distinguerne tutti due gli scopi contemporaneamente entro il cannocchiale, stabiliscansi le mire degli scopi in linea colla visuale, essendo la bolla del cannocchiale posta nel mezzo. Rilevinsi le misure orizzontali mn, np, e poi si osservino le due altezze marcate negli scopi. Se queste altezze saranno eguali, sarà segno che il livello è rettificato; se quella dello scopo in m fosse maggiore, o minore dell'altra nello scopo n, allora bisognerebbe trovare li punti t, r, egualmente distanti dalla superficie equilibrata dello stagno, a' quali diretta la visuale ottica, essa li colpisca tutti due nello stesso tempo, e si riduca quindi orizzontale.

Se l'altezza in m, sarà maggiore che in n, le correzioni sottrattrici ti, hr si faranno colle seguenti formule;

$$ti = \frac{(mi - hn)\,dt}{hs}; hr = ti + hn - mi;$$

Se l' altezza in m sarà minore che in n, le correzioni adjettive ti, $h'r$ sono le seguenti:

$$ti = \frac{(h'n - mi')\,dt}{hs};\ h'r = ti' + mi' - h'n.$$

ARTICOLO VI

Correzione degli effetti di sfericità, e di rifrazione nelle rettificazioni del livello.

§ 99. Tali sono le maniere per rettificare giustamente li livelli a bolla, conviene però avvertire che nelle determinazioni delle correzioni ti, hr, bisogna aver riguardo alle correzioni che devono farsi pegli effetti della sfericità della terra, e della rifrazione; giacchè è chiaro, che la sfericità non può lasciare la dt paralella alla hs, quando quella dev' esser normale alla verticale dp, e questa in vece è normale al raggio terrestre che passa per lo mezzo della hs; or riferendo questi punti ad una superficie sferica, com'è quella della terra, e considerando che la visuale ottica dev' essere tangente alla terra nel punto del livello, si vedrà conveniente di aggiugnere, tanto a ti, che ad hr, li corrispondenti eccessi del *livello apparente* sopra il vero, risultanti dalla Tav. III pelle rispettive distanze dr, dt. Non è men chiaro che dietro quanto si è detto nella Parte I, al Capitolo IV bisogna aggiungere l' abbassamento cagionato dalla rifrazione al raggio ottico, in ciascuna delle correzioni ti, hr; e ciò colla norma della Tavola V pelle rispettive distanze dr, dt.

Queste aggiunte però non occorrono nella rettificazione descritta al § 92.

ARTICOLO VII

Rilievo della declinazione dell' ago magnetico col proposto livello.

§ 100. Siccome per uso del grafometro si è annessa al livello la bussola magnetica (§ 65), così è qui a proposito di accennare che, nella posizione in cui trovasi, essa offre il modo di verificare colla maggior precisione la quantità della declinazione dell' ago magnetico dalla

linea del meridiano locale. Ciò ottiensi ponendo l'asse ottico del cannocchiale del livello in direzione di due punti esterni, ch'entrambi sieno nello stesso meridiano, come sarebbero due campanili, o mancando punti stabili possono servire due aste acuminate in alto e piantate verticali, a qualche distanza fra loro, in una prateria. Per piantare le due aste si opera così: presso il mezzodì di un giorno sereno, col mezzo delle ombre di una di esse in cerchi concentrici col rispettivo piede, tracciati sul suolo, si trova la vera linea meridiana, come insegna la gnomonica, e quindi la direzione per piantare l'altra asta, e per postare il cannocchiale. Dopo pertanto di aver posto il cannocchiale, sicchè la linea della bussola sia sotto l'ago, osservinsi o li due campanili, o le due aste col cannocchiale stesso sempre guidato dal manubrio *X* (*fig.* 13), ed il nonnio della divisione del grafometro indicherà l'angolo percorso, dalla linea della bussola, levandosi dal dissotto dell'ago, per passare coll'asse del cannocchiaie in direzione del meridiano. Tale angolo è quello che si richiede per conoscere la declinazione incostante dell'ago magnetico dal meridiano; fenomeno di gran conto, tanto per regolare li rilievi topografici, come per eseguire a dovere sulla base dei tipi li tracciati delle opere.

ARTICOLO VIII

Rettificazione degli Scopi.

§ 101. Gli scopi si rettificano facilmente, giacchè la divisione, una volta riscontrata giusta, col confronto di un campione legale del metro, non è alterabile senza che si rompi l'asta. Il cordone che manovra lo scopo si riduce a quel grado di tensione che gli conviene, onde scorra facilmente nelle rispettive girelle senza che lo scopo discenda da se menomamente dalla posizione che gli si assegna. In fine l'essenziale rettificazione degli scopi consiste nel conoscere ogni volta che si piantano se sono verticali in ogni senso; perciò il rispettivo osservatore sarà munito di un filo lungo circa mt. 2, con piombo al basso, e traguardando di prospetto e di fianco l'asta dello scopo è nel caso di collocarla verticale.

ARTICOLO IX

Rettificazione delle Canne e della Catena.

§ 102. Devonsi avere prima rettificate due canne (§ 72) col mezzo d' un compasso a verga traendo l' apertura del metro da un legale campione. Stesa quindi tutta la catena descritta al § 70 sopra di un suolo piano, ed osservato che l'interno degli anelli sia ben netto, la si tende senza però che sia mossa l'elasticità, e conservata in linea retta, se le applicano di fianco successivamente, ed alternativamente le due canne cominciando dal mezzo di una maniglia, e dirigendosi verso l' altra, osservando che le teste delle canne nella loro alternazione si tocchino. Ciò facendo si osserva sempre che le divisioni dei decimetri e dei metri nelle canne corrispondino negli stessi punti con quelle della catena, e perciò essendo le canne lunghe mt. 4, e la catena mt. 20 con num. 5 canne devesi eguagliare la lunghezza della catena; sarà bene però che questa eccedi di 4 o 5 centimetri giacchè nell' atto che si misura colla catena specialmente nei suoli ineguali, non si può tenerla in linea retta senza mettersi a pericolo di romperla.

Nel caso che per l' attrito negli anelli la catena risultasse eccedere più che la detta quantità tollerabile, allora con martello o con tanaglia si schiacciano leggiermente tutti gli anelli, onde accorciare li pezzi della catena.

ARTICOLO X

Rettificazione del Dublometro.

§ 103. Il dublometro descritto al § 71 si rettifica sulla catena distesa, poichè s' essa è di mt. 20, con dieci aperture del dublometro devesi eguagliare la sua lunghezza. Se il risultato è minore sarà indizio che le punte si sono consumate, e perciò non vi è altro rimedio che di rimettere sull' incudine le punte per allungarle, e rinovarvi poi la tempra.

ARTICOLO XI

Rettificazione della Staza.

§ 104. La rettificazione della staza (§ 72) consiste nel conoscere se la sua alidada inferiore sia retta. Si applica la staza sopra di una gran tavola, o sopra di un muro esattamente piano, e si segna sul piano una linea lunga quanto la staza seguendo l' orlo che sul piano appoggia. Levata la staza la si capovolge, e la si applica all' altra parte della linea tracciata, in modo che sia toccata dallo stesso orlo che servì a tracciarla, se questo la tocca in tutti li punti è certo che l'orlo è retto. Si replichi la stessa operazione per l' altr' orlo dello stesso lato ossia alidada, e se corrisponde come il primo non vi è bisogno di nulla. Se poi nel capovolgere la staza si trovasse che la linea toccata negli estremi dall' orlo sorte fuori nel mezzo vuol dire che l' orlo è concavo; sarà convesso se tutto il resto della linea resta sotto della staza; e sarà tortuoso se la linea or sarà fuori or dentro ed ora in contatto coll' orlo.

In ogni modo però che sia difettosa la staza, bisogna che un diligente falegname vi rimedi col piallone.

ARTICOLO XII

Rettificazione dell' Orosmetro.

§ 105. L' orosmetro, una volta che sia ben costruito colle proposte modificazioni, non ha bisogno di altra rettificazione, fuor di quella della lunghezza del pendolo. Al § 78 si è già indicato il modo di conoscere e di correggere l' effetto dell' attrito nella sospensione del pendolo.

CAPITOLO SECONDO

USO DEGLI STRUMENTI IN CAMPAGNA E METODO PER REGISTRARNE LI RILIEVI

ARTICOLO PRIMO

Predisposizioni pei rilievi delle livellazioni.

§ 106. Credesi superfluo di qui trattenere sulla differenza tra la livellazione semplice, e la livellazione composta. Per la semplice, che non riguarda se non che il rapporto di due soli punti osservati con una sola stazione di livello, si è abbastanza detto nella Parte I, cogli esempj dei §§ 21 e 22; per la composta poi si procurerà di offrire tutti gli schiarimenti necessarj ad un'operazione, il cui buon esito è appoggiato principalmente sopra una scrupolosissima esecuzione.

L'ingegnere incaricato di una livellazione composta, deve, dopo d'essersi assicurato della giustezza de' suoi strumenti, provedersi di capaci e diligenti cooperatori. Due misuratori colla catena, due osservatori agli scopj, ed un portalivello sono le persone che indispensabilmente occorrono, ammenochè il bisogno di tener seco li tipi planimetrici non obbligasse di tenere una sesta persona per custodirli e trasportarli. Se la linea da livellarsi sarà folta di piante e di frondi, abbisogneranno uno o due guastatori con manaja e sciabla, per tagliare quelle per le quali non ci sarà ripiego di evitarle colle visuali del livello.

L'ingegnere avrà sempre presso di se un libretto per notare tutti li rilievi, e le osservazioni che gli occorreranno, ed escluso l'uso della matita si servirà di una ben lavorata penna perpetua d'argento, colle punte d'oro, od almeno di un calamajo da tenersi attaccato ai bottoni della propria veste sul petto, colla penna sempre pronta a scrivere. Anche gli osservatori degli scopi dovranno tenere ciascuno un libretto, il calamajo appeso al petto, e la penna per notare come si dirà le rispettive altezze. Uno dei misuratori dovrebbe pur saper scrivere per notare le distanze misurate in apposito libretto.

§ 107. Prima di mettersi in campagna col livello, deve l'ingegnere percorrere tutto il fiume che deve livellare (notisi bene che quanto dicesi riguardo ad un fiume intero, intendesi anche per una sua parte, ed anco per le livellazioni dei torrenti, dei navigli, degli scoli e delle strade) e deve farsi accompagnare dalla squadra de' suoi assistenti, affine di dar loro le preventive istruzioni. Tre sorta di rilievi devonsi fare per eseguire la compita livellazione di un fiume, 1.° Il rilievo del pelo di acqua contemporaneo in tutto il tratto da livellarsi: 2.° La livellazione longitudinale del fiume sopra una linea la più uniforme ch'è possibile (ovvero la meno intercettata da argini, da fosse, da fabbriche, da piante e simili), sulla sommità di uno degli argini, o su d'una delle golene, o su d'uno dei piani delle campagne agli argini aderenti; ciò poi che molto importa si è che la linea di livellazione sia più prossima che si può ad una delle sponde. 3.° Le sezioni o profili traversali al fiume, che, riferite ad uno dei punti della linea livellata, segnino un perimetro indicante l'andamento delle campagne adjacenti, delle scarpe e sommità degli argini, delle sommità e scarpe delle golene, e delle sponde e letto dell'Alveo, nonchè li peli d'acqua *magra media*, e di *massima piena*, ed i prospetti di fabbriche che fossero contigue alle sezioni.

§ 108. Queste operazioni devonsi fare una dopo l'altra, ammenochè non vi fosse un altro ingegnere che facesse li rilievi delle sezioni finchè il suddetto fa la livellazione. E siccome dall'esattezza delle livellazioni dipendono gli esperti giudizj sulla scelta delle opere che convengono pella regolazione dei fiumi, così trattandosi di livellazioni di tanta importanza è ottimo consiglio che la livellazione longitudinale si faccia in due linee, una per parte del fiume, da due diversi ingegneri, con due livelli egualmente esatti, e legando ciascuno la propria livellazione agli stessi punti stabili di fabbrica, che chiamansi *capi-saldi.*

§ 109. Acciò poi le livellazioni generali una volta bene eseguite restino ai posteri oltre che nei tipi anche sul luogo stabilite, bisogna costruire a circa ogni mille metri misurati lungo l'asse dell'alveo, delle piramidi tronche di muro con quadrelli cementati in calce-sabbia;

il quadrato della base avrà il lato di mt. 1,50, e quello della sommità troncata avrà il lato di mt. 1; l'altezza sarà da tre a quattro metri.

Tali piramidi saranno costruite nelle golene o nelle scarpe degli argini; ma nelle situazioni che non restino mai esposte a pericolo di essere corrose dalla corrente, ed a questo fine si potrà staccarsi dal principio che corrispondino ai punti dell'asse dell'alveo che sieno di mille metri distanti fra loro, procurando soltanto d'incontrare tali punti quando si trovi la situazione sicura per fabbricare.

Queste piramidi che chiameransi li capi-saldi principali della livellazione, possono servire utilissimamente per basi degl' idrometri, onde misurare le piene del fiume, ed a quest'effetto nella parte superiore della base s'interna un pilastrino di macigno, o di altra pietra dura, rinserrandolo da una coperta di pietra eguale sulla sommità della base.

Li pilastrini sporgeranno fuori della piramide mt. 0,5, e saranno grossi in ambi i lati mt. 0,40: la sommità loro dovrà corrispondere con una misura costante determinata sopra la *magra*, in modo che non sia molto lontana dovunque dallo stato medio dell'acqua corrente nel fiume, ed ogni pilastrino avrà nella sua faccia verso l'alveo un incastro verticale a coda di gazza tagliato internamente, per introdurvi dall'alto un'asta di legno pure in figura di piramide tronca. Con una cavicchia formata di un bastoncino di ferro con testa quadrata da una parte, e con vite dall'altra, si trapassa in apposito foro il pilastrino, sicchè la vite sorta a metà dell'altezza dell'incastro: quivi incontrando una madrevite di ferro incassata nel piede dell'asta la s'insinua mediante una tanaglia quadrata, che incassa la testa della cavicchia, finchè questa testa sia in contatto col pilastro, e che la vite siasi internata in tutta la madrevite, senza però sortire dalla faccia opposta dell'asta che non lascia alcuna apparenza esterna di foro interno. In tal guisa è impossibile di levar l'asta senza che la si tagli, o che non si abbia una tanaglia eguale a quella che conserva il rispettivo custode dell'argine. La lunghezza dell'asta, e la sua proporzionata grossezza, devono essere regolate secondo le altezze delle massime piene, osservando che l'asta le superi di circa un metro. Quest'asta diventa l'idrometro

per le piene, essendo bene dipinta ad olio colle distinte divisioni, e numerazioni in metri, decimetri, e centimetri. Avvertasi che tanto la divisione, come la numerazione, devono essere in continuazione di quelle marcate fino al livello della sommità del pilastrino in altra asta idrometrica, fitta ridosso ad un palo verticale piantato presso la sponda, in sito che il suo piede non resti mai in asciutto, ed in quest'asta la divisione comincia ascendendo da un punto chiamato zero; perchè si colloca al livello del pelo della magra, e per alcuni decimetri sotto lo zero stesso si fa la divisione, e la numerazione discendenti.

Gl' idrometri avranno scolpito in cifre romane il numero progressivo dal primo superiore fino all'ultimo inferiore.

ARTICOLO II

Rilievo del Pelo contemporaneo.

§ 110. Costruiti nel modo indicato gl' idrometri colle loro basi stabili prima di passare a nessun' altra operazione li tre ingegneri incaricati della livellazione si concertano pel rilievo del pelo contemporaneo. Si procurerà che questo pelo sia più vicino alla magra ch'è possibile, perchè allora la sua permanenza è di maggior durata.

Se attraverso il fiume vi fossero dei sostegni, o lateralmente delle bocche di erogazione o d' immissione, quali dovessero in tempo di piena nel fiume restare rispettivamente aperte e chiuse, alcune ore prima di cominciare l'osservazione idrometrica si fanno rigorosamente porre nello stato in cui devono essere in tempo di piena.

Per accertarsi della permanenza del pelo, essendo l'atmosfera serena e tranquilla da venti, si distribuiranno in tutti gl' idrometri degli attenti e fedeli osservatori, incaricati di osservare, e di notare in apposito foglio di mezz'ora in mezz'ora, e per 24 ore continue la misura marcata dall'idrometro sopra, o sotto il rispettivo zero. Ogni osservatore sarà munito di un'asticella di legno paralellepipeda lunga un metro esattamente, dovendo egli figgerla verticalmente ridosso al palo dell'idrometro, in modo che l'estremo inferiore tocchi senza som-

mergersi il pelo della corrente, avuto riguardo al gonfiamento che fa l'acqua ridosso al palo, quale non può computarsi per altezza viva dell'acqua.

In ogni tre idrometri l'osservatore avrà un orologio rettificato ed un fucile, e ad ogni mezz'ora marcata dall'orologio tirerà un colpo di fucile per avviso agli osservatori dei due idrometri contigui. Al mezzo giorno, in cui termina la stabilita osservazione li colpi di fucile saranno due l'uno dietro l'altro, quanto più presto è possibile. Allora gli osservatori figeranno le rispettive asticelle. In seguito gl' ingegneri si porteranno coi loro livelli a visitare ciascuno la convenuta quota d'idrometri, e ponendo il livello a distanza eguale dal pilastrino della base, e dal pelo; con uno scopo posto sopra l'estremo superiore dell'asticella, fitta nel palo, si osserverà l'altezza della visuale sopra il detto estremo, e vi si aggiunge l'altezza di un metro: poi si colloca lo scopo sulla sommità del pilastrino, e rilevata l'altezza sopra di essa della visuale, la si sottra dall' altezza antecedentemente determinata, e la differenza sarà la precisa altezza della sommità del pilastrino sopra dell'osservato pelo contemporaneo.

ARTICOLO III

Livellazione longitudinale.

§ 111. A norma del § 108 li tre ingegneri dovendo agire di concerto per tutti li rilievi della livellazione da farsi devono anche tutti uniti colli rispettivi assistenti recarsi alla visita detta al § 107. Notisi bene che la perfetta armonia in tutta questa brigata è indispensabile, perchè tutti tendano volenterosamente allo scopo di eseguire il meglio nelle rispettive incombenze.

Ora pertanto si esporrà la procedura di ognuno dei due ingegneri che si sono assunta la rispettiva livellazione longitudinale, mentre quella del terzo che farà le sezioni sarà esposta in appresso.

Scelta pertanto la linea da battersi col livello dietro il rilievo 2.° del § 107. L'ingegnere istruirà il primo de' suoi assistenti (quale gioverà che sia un ingegnere alunno) dei punti per cui dovrà passare la linea, tra un idrometro, e l'altro.

Allo spuntar del giorno il detto assistente si porterà

in campagna coi misuratori onde fare il seguente apparato pel lavoro col livello di tutto il giorno.

§ 112. Si comincia dal misurare successivamente tutte le linee indicate dall'ingegnere tra ogni due idrometri, ed ove circostanze particolari non obbligano a far diversamente, si parte ogni linea in quattro o cinque stazioni eguali di livello, ovvero in otto o dieci eguali intervalli (occorrendone due per ogni stazione), e rimontando si replica la misura sul terreno per fissare li punti precisi, che formano li calcolati intervalli fra due idrometri. In ognuno dei 7, o 9 punti intermedj si pianta in terra un grosso picchetto lungo almeno mt. 0, 5, la cui testa bene spianata corrispondi a fior di terra. Gl' intervalli non devono essere maggiori di mt. 120, perchè li fili della retticola non portino nello scopo un'occupazione più grossa di mezzo millimetro. Nelli punti che cadessero sopra qualche parte di fabbrica, non occorre di piantar picchetto, ma devesi però con un segno scolpito indicare il punto preciso, in cui devesi piantare lo scopo od il centro del livello. Bisogna avvertire che il numero delle stazioni di livello, ossia degl' intervalli, nella livellazione a destra, sia eguale al numero delle stazioni o degl' intervalli pella livellazione a sinistra, e ciò per far corrispondere li confronti di livello dei rispettivi punti, come si vedrà in appresso § 157.

§ 113. L'assistente dovrà bene osservare che la visuale all'altezza del livello da un picchetto all'altro sia libera, e nel caso che vi fossero dei rami o delle piante intere che la impedissero egli ordina ai guastatori di tagliarle, previo avviso al proprietario od al colono del terreno dove sono le piante, perchè ad esso devesi consegnare tutto il legname tagliato. E siccome la vista principale che devesi avere in questo guasto si è di sgombrare la via alla visuale col minor danno possibile alle piante, così li guastatori devono procurare per quanto è possibile di deviare con legacci li rami impedienti, o di calare li rami delle viti, ec. Queste cure sono necessarie, perchè non è possibile senza una grande distrazione dal lavoro della livellazione, di approntare gli atti necessarj per far ottenere regolarmente a tutti li danneggiati li compensi che la legge loro accorda.

§ 114. Piantati tutti li picchetti, e sgombrate le vie delle visuali, l'ingegnere che frattanto sarà occupato nei

calcoli, ed a mettere in profilo il lavoro del giorno antecedente sorte in campagna col livello, già rettificato come si è detto, e cogli scopi. Li misuratori possono passare in assistenza dell'ingegnere che fa le sezioni, perchè se nella livellazione longitudinale occorresse qualche misura colla catena dal livello fino ai punti intermedj fra quelli dei picchetti, il guastatore ed il portalivello la rilevano, giacchè il primo può sempre portar seco la catena e li chiodi.

§ 115. Uno scopo che si chiama l'antecedente, si mette sulla sommità del pilastrino dell'idrometro I. Il livello si pianta sopra il 1.° picchetto successivo. L'altro scopo, detto il conseguente, si colloca sopra il 2.° picchetto. Gli osservatori degli scopi li collocano verticali, e si tengono in attenzione degli ordini dell'ingegnere. L'ingegnere pianta il livello in modo che il suo asse verticale cada a piombo sopra del picchetto rispettivo, e fissa le tre gambe in maniera che piccolo sia il moto delle viti orizzontatrici del piede. Stringe colle chiocciole gli orecchioni delle tre gambe. Gira il gran piatto, finchè uno dei tubi delle sue bolle sia paralello a due delle viti orizzontatrici.

Leggiermente e nello stesso tempo tanto abbassa quella di queste due viti, verso cui è più vicina la bolla d'aria, quanto innalza l'altra vite per richiamarvi più vicina la bolla; questo movimento fatto con delicatezza, fa che la bolla si stabilisca nel mezzo con tutta precisione e sollecitudine. Senza muover niente il piatto, alza od abbassa la terza vite orizzontatrice, secondo che l'altra bolla (che ha il suo tubo unito ad angolo retto con quello della precedente) si trova colla sua metà al di là od al di qua della metà del tubo, rispettivamente all'estremo di questo che corrisponde dalla parte della vite da muoversi. Ciò fatto si serra bene la chiocciola del pedale per fermare il gran piatto. Poste così nel rispettivo mezzo entrambi le bolle del gran piatto, questi è orizzontale ed essendo bene costruito lo strumento anche la bolla del cannocchiale deve trovarsi nel mezzo e restarvi per quanti giri che col manubrio si faccia fare al cannocchiale.

§ 116. Si rivolge quindi il cannocchiale sempre girando il manubrio, finchè il filo verticale sia nel mezzo dello scopo antecedente. Si osserva allora se il filo oriz-

zontale è sotto o sopra del distinto mezzo della mira. S'è sotto si grida *basso*, e s'è sopra si grida *alto*; e l'osservatore tirerà il cordone in modo che la mira discenda od ascenda lentamente, finchè l'ingegnere griderà *là*. Quando pertanto il filo orizzontale coincide esattamente col mezzo orizzontale della mira, l'ingegnere comanda *misura*. L'osservatore se può leggere la misura senza levare di posto lo scopo è meglio: ma se non è possibile, afferrando l'asta e stringendo nello stesso tempo li cordoni, perchè non si muova la mira, inclina l'asta stessa ed osserva il numero di centimetri compreso subito sotto la barra del nonnio, e poi quanti millimetri marca il nonnio per la parte del centimetro superiore tagliata sotto la barra. In risposta al comando dell'ingegnere egli non deve se non che pronunziare ad una ad una le sole cifre: 1.° quella dei metri, 2.° quella dei decimetri, 3.° quella dei centimetri, 4.° quella dei millimetri: pronunziando zero quando mancasse cifra in alcuna delle quattro denominazioni. Se dunque il numero dei centimetri subito sotto la barra fosse 70, e che il nonnio marcasse 8 millimetri, l'osservatore pronunzierà 1.° ... 0, (perchè coi 70 centimetri non si hanno metri). 2.° ... 7 (ossieno 7 decimetri); 3.° ... 0 (perchè dai 70 centimetri levati li 7 decimetri resta zero); 4.° ... 8 (ossieno 8 millimetri). Il numero da scriversi sarà mt. 0,708.

§ 117. L'ingegnere nel suo libretto noterà in due maniere li rilievi. Nella I. avrà divise le prime pagine del libretto colle seguenti finche, e così intestate.

Data		Serie		Altezze degli antecedenti	Distanze antecedenti	Altezze del livello	Distanze conseguenti	Altezze dei conseguenti	Annotazioni
Mese	Giorno	degli idrometri	delle stazioni						
				Metri	Metri	Metri	Metri	Metri	

Nelle annotazioni di questo registro si descriveranno li punti fissi, sui quali sono posti gli scopi od il livello. Non occorre di fare alcuna annotazione quando gli scopi od il livello sono sopra li picchetti.

Nella II. maniera devonsi marcare a mano sotto una sola linea orizzontale le perpendicolari che rappresentano gli scopi ed il livello; e gli estremi inferiori di queste perpendicolari si uniscono con un andamento simile a quello del terreno nella linea interposta tra il punto di ogni scopo e quello del livello. Questa delineazione si chiama matrice del profilo. Perciò devonsi marcare gli avvallamenti e le prominenze, per quell'estesa che rendonsi visibili, e per quell'altezza o freccia che si può determinare a stima d'occhio, o coll'orosmetro; se però queste accidentalità fossero molto rilevanti allora bisogna rilevarle ponendovi uno scopo ed osservandolo: di questo scopo intermedio però non si nota l'altezza nel primo registro, ma in questo secondo soltanto, calando una perpendicolare dall'orizzontale nel punto che corrisponde a quello osservato, e notando anche la distanza che vi sarà tra questo punto ed il livello. Se accadesse di attraversare ponti, chiaviche, case, e simili altre fabbriche di muro si sceglierà in ciascuna di esse un punto il più rimarcabile, ed il meno alterabile, come sarebbe nel ponte la imposta od il sottarco di un arco, in una chiavica la sua *soglia*, nella casa la *soglia* di una porta od il zoccolo di qualche pilastro. Anche questi punti si rilevano collo scopo e si notano colle rispettive perpendicolari le altezze e le distanze risultate, aggiungendovi tutte le annotazioni, che sono necessarie per chiaramente far conoscere a chiunque l'ubicazione del punto. Nelle perpendicolari degli scopi, e del livello notansi nei lati corrispondenti le misurate altezze. In generale quanto più circostanziata sarà la matrice, tanto più pregio avrà la livellazione, se sarà anche legata al maggior numero di punti fissi, li quali se anche non sono nella linea della livellazione vi si riducono, come si disse al § 13, e come si dirà in appresso nel ridurre il profilo generale apparente.

§ 118. Il libretto pel registro delle osservazioni degli scopi avrà le sue pagine colle seguenti finche.

Data	Serie		Altezze degli scopi pricip.		Altezze de' punti intermedj			
Giorno	Degli Idrometri	Delle Stazioni	Antecedenti	Conseguenti	Antecedenti		Conseguenti	
			Metri	Metri	Serie	Metri	Serie	Metri

L'osservatore dello scopo antecedente nota ad ogni stazione l'altezza dell'antecedente, e servendo egli a rilevare anche tutti li punti intermedj tra l'antecedente ed il livello, e tra questo ed il conseguente, così egli li nota determinando le loro serie dal loro numero negli indicati intervalli verso l'antecedente, o verso il conseguente. L'osservatore dello scopo conseguente non nota in ogni stazione che l'altezza del conseguente.

§ 119. Tornando ora all'operazione, pronunziata che avrà l'osservatore dello scopo antecedente la rispettiva misura, l'ingegnere la noterà nel registro nella finca degli antecedenti; e tosto l'osservatore rimetterà lo scopo nella primiera posizione; l'ingegnere tornerà a traguardarlo, e benchè abbia riscontrato che il filo taglia esattamente la *mira*, tuttavia comanda nuovamente *misura*. Replicata questa dall'osservatore cifra per cifra, come sopra fu indicato, l'ingegnere la nota nella corrispondente verticale della matrice dalla parte del livello, e trovando ch'essa corrisponda colla prima prosegue la sua operazione, altrimenti procede rigorosamente, onde accertarsi delle cause che avessero prodotta una differenza. L'osservatore dopo aver ripetuta la pronunziazione della misura, qualora sia stata approvata dall'ingegnere colla voce *bene*, la nota nel suo registro sotto la finca degli antecedenti. Qualora poi attesa l'incomoda situazione di qualche punto, in cui devesi collocare lo scopo, risultasse difficile al solo osservatore di maneggiarlo l'ingegnere ordina al guastatore od al porta-livello di portarsi ad assisterlo.

§ 120. Appena terminata l' osservazione dell'antecedente, l' ingegnere ordina al guastatore ed al porta-livello di fare colla catena le misure delle distanze dal livello fino ai punti intermedj, che determinò di osservare in quella stazione. Que' punti che si dicono intermedj antecedenti, perchè corrispondono tra il livello e l'antecedente scopo, si numerano in serie cominciando da quello più vicino all'antecedente, e terminando a quello ch'è più vicino al livello. Li punti intermedj conseguenti sono tra il livello, e lo scopo conseguente, e la loro serie comincia dal più vicino al conseguente. Il conservatore dei tipi va a custodire lo scopo antecedente, perchè il suo osservatore viene incaricato di presiedere a queste misure notandole nel registro generale delle distanze, di cui si dà qui la forma comprendendo anche le distanze misurate come al § 112.

REGISTRO GENERALE DELLE DISTANZE										
Data		Serie		Distanze reali sulla linea			Distanze radiali pei punti intermedj			
Mese	Giorno	Degli Idrometri	Delle Stazioni	Distanza tra li due Idrometri	Distanza delle Stazioni		Antecedenti		Conseguenti	
					antecedenti	conseguenti	serie	distanza	serie	distanza

Questo registro è costantemente tenuto dal 1.° osservatore, il quale deve presiedere a tutte le misure colla catena, deve sempre osservare gli scopi antecedenti, e tutti quelli dei punti intermedj, e deve tenere in tutta regola li registri del § 118, e quello testè indicato.

§ 121. Date queste disposizioni l' ingegnere misura l'altezza del livello colla riga indicata al § 66, ponendola verticalmente sotto al foro dell' oculare nel cannocchiale, e facendola toccare coll'estremo inferiore il terreno in un punto di livello col picchetto; l'altezza è determinata, colla divisione della riga, dal detto punto fino al mezzo del foro oculare. L' ingegnere nota nel suo registro e

nella sua matrice quest'altezza, e poi rivolge col noto manubrio il cannocchiale verso lo scopo conseguente. Eguale procedura a quella descritta per l'osservazione dello scopo antecedente, si tiene anche pel conseguente tanto dall'ingegnere che dall' osservatore rispettivo, che denominasi osservatore 2.°

§ 122. Indi l'ingegnere rivolge il cannocchiale all'antecedente, e se il filo orizzontale corrisponde bene seco, ciocchè dev'essere quando non sia insorta alcuna alterazione al livello ed allo scopo (per cui l'ingegnere deve sempre tenersi scrupolosamente vigile) si leva lo scopo antecedente, ed il 1.° osservatore lo colloca nel 1.° punto intermedio antecedente. L'ingegnere vi rivolge il cannocchiale, e fattane l'osservazione e gli opportuni registri, come già si è spiegato, si procede egualmenle ad uno ad uno in tutti gli altri punti intermedj antecedenti e poi nei conseguenti. Compita così la stazione l'ingegnere per ultima prova osserva di nuovo lo scopo conseguente, e trovandolo a dovere, ordina al porta-livello di trasportare il livello sopra il picchetto della successiva stazione Il primo osservatore va collo scopo suo dal 2.° e glielo consegna; si fa mostrare il registro e nota nel proprio l'altezza del conseguente, del quale ne assume egli la consegna, divenendo antecedente per la successiva stazione, che si va ad intraprendere. Il 2.° osservatore si porta collo scopo consegnatogli nel picchetto destinato per conseguente della stazione che si va a cominciare e ve lo stabilisce. Da quanto s'è detto risulta chiaro che il registro del 2.° osservatore basta che sia nella seguente forma.

REGISTRO DEI CONSEGUENTI				
Data		Serie		Altezze degli Scopi conseguenti
Mese	Giorno	Degli Idrometri	Delle Stazioni	

§ 123. Ciò premesso si procede in questa stazione ed in tutte le successive come si è spiegato pella precedente, finchè giunto lo scopo conseguente sopra l'idrometro II, ciascuno dei due ingegneri, che avranno *livellate* le due differenti linee, si arresterà, e fatta la somma nel rispettivo registro di tutte le altezze degli antecedenti, e quindi quella di tutti li conseguenti, e sottratta la somma minore dalla maggiore, si troverà il rapporto di livello tra la sommità dei due idrometri. Questo rapporto viene comunicato reciprocamente dai due ingegneri, e se li risultamenti sono eguali essi procedono alla livellazione dal II al III idrometro; altrimenti replicano entrambi l' operazione inversamente dal II al I, finchè abbiano nei risultamenti una trascurabile differenza.

§ 124. La ragione per cui la differenza delle somme delle altezze antecedenti, e di quelle conseguenti esprime la differenza di livello tra il punto dell' Idrometro I e quello del II, si dimostra così.

Sia la *fig.* 25 il profilo della linea $ABC \ldots F$ trovato colle stazioni di livello $L_{(1)}, L_{(2)}, L_{(3)} \ldots$ ec. tra l'idrometro I e II che corrispondono coi punti A ed F.

Si faccia $Aa = \alpha$; $Bb = \beta$; $Bb' = \alpha'$; $Cc' = \beta'$ ec. L'altezza di B sopra A sarà $\alpha - \beta$; quella di C sotto B sarà $\beta' - \alpha'$ ec. si avrà pella differenza di livello, dL, tra li punti A, F;

$$dL=(\alpha-\beta)-(\beta'-\alpha')+(\alpha''-\beta'')+(\alpha'''-\beta''')-(\beta^{IV}-\alpha^{IV})$$

ovvero cangiando convenientemente li segni di α, e di β si avrà:

$$dL(\alpha+\alpha'+\alpha''+\alpha'''+\alpha^{IV})-(\beta+\beta'+\beta''+\beta'''+\beta^{IV})$$

quindi è chiaro che la differenza di livello si avrà dalla differenza della somma degli antecedenti colla somma dei conseguenti, la quale se fosse maggiore della prima, è da essa che conviene sottrarre la somma degli antecedenti, ed allora sarà segno che il punto F è più basso del punto A, dove nell'esempio esposto al contrario F è più alto di A.

Dalla descrizione fatta degli scopi (§§ 68 e 69) risulta che la mira maggiore può servire fino all'altezza dell'asta ch'è di mt. 4; superando la visuale questo limite conviene servirsi della mira minore, sopra l'asticella aggiunta allo stesso scopo, ed avvertendo ciò l'ingegnere all'osservatore, questi aggiunge la costante lunghezza dell'asticella alla misura determinata dalla mira maggiore.

§ 125. Può accadere il caso, che la visuale del livello incontri lo scopo, in modo ch'èssa superi la sommità del picchetto dello scopo stesso di un'altezza minore della metà dell'altezza della mira, per conseguenza, non potendosi portare la mira ad incontrare col suo mezzo la orizzontale, bisogna contentarsi di traguardare il lato orizzontale inferiore alla mira, ed avvertirne l'osservatore, perchè, nell'annunziare la misura fissata dal mezzo della mira, vi sottri prima l'altezza della metà della mira stessa.

Può accadere in secondo luogo che la visuale cada sotto del picchetto, oppure tanto sopra che tutta l'asta unita a tutta l'asticella dello scopo non basti ad incontrar la visuale; allora in vece di fare una stazione se ne fanno due e più occorrendo; collocando il livello sempre in mezzo fra li punti dove si applicano gli scopi; conviene però calcolare se torni conto di risparmiare questa moltiplicità di stazioni, per servirsi in vece dell'orosmetro.

§ 126. Con tali avvertenze e cautele progredendo successivamente da un idrometro all'altro, fino al termine della livellazione, gl'ingegneri potranno essere tranquilli sulla loro operazione, e saranno in caso di dimostrarla

documentatamente a chiunque, anche fuori del luogo, mediante li suindicati registri, che devono essere gelosamente custoditi dal rispettivo ingegnere.

ARTICOLO IV

Rilievi pelle Sezioni ossieno Livellazioni traversali.

§ 127. Lasciando l'uso di rilevare le sezioni colla staza e colle canne, o coi clitometri ordinarj, si descriverà soltanto il modo di rilevarle coll'orosmetro modificato del Ventretti, perchè si opera con maggior semplicità, con maggior sollecitudine, e quindi con maggior esattezza.

Le sezioni devon essere fatte in direzione verticale all'asse longitudinale del fiume. Dirimpetto ad ogn' idrometro si farà una sezione ed ove le viziose tortuosità, e le irregolarità dell'alveo obbligassero a farne una per ogni picchetto degli scopi collocati sulle linee delle livellazioni longitudinali, trascurando li punti intermedj; li due ingegneri ch'eseguiscono queste livellazioni prima di levare il livello da ogni stazione osserveranno con uno scopo presso la sponda, l'altezza sotto la visuale del pelo d acqua *magra* agli estremi di una linea retta immaginaria verticale all'asse esistente a fior d'acqua, e che prolungata corrisponda in direzione col picchetto rispettivo dello scopo antecedente o del conseguente. A questo fine l'ingegnere che rileva le sezioni fa precedentemente piantare negli estremi della detta linea traversale due pali, facendoli battere in modo che la loro sommità superi contemporaneamente di mezzo metro il pelo dell'acqua *magra*, colla norma degl' idrometri estremi nello spazio, in cui si fanno le sezioni. Se il pelo d' acqua attuale fosse quasi mezzo metro sopra la *magra*, allora il palo supererà di un metro il pelo della *magra*. Ogn' ingegnere delle livellazioni longitudinali si farà carico di osservare li pali, che si trovano nella sua sponda, e perciò il suo primo osservatore considererà come primo degl'intermedj antecedenti il palo dirimpetto allo scopo antecedente, e come ultimo dei conseguenti intermedj il palo dirimpetto allo scopo conseguente. Recandosi l'osservatore per adattare lo scopo sulla sommità dei pali, nel riferire all' ingegnere l'altezza relativa, dovrà aggiun-

gere alla misura dello scopo il mezzo metro, per riferire l'altezza al pelo della *magra*. È chiaro che unendo le osservazioni fatte sui pali di una sponda, con quelle sui pali dell'altra, essendo entrambi riferite agli stessi capi-saldi degl'idrometri, si avrà il rapporto di livello della linea traversale della *magra*, la quale è rare volte orizzontale.

§ 128. Pertanto risulta che quattro punti di livello vi sono per ogni sezione, onde legarla alle livellazioni longitudinali, e devesi avvertire riguardo ai pali piantati di tenersi sempre riferito colle misure alli punti che in essi marcano la *magra*, e perciò sarà bene che li pali sieno di abete con una faccia piallata, per incidervi una scala distinta in decimetri e centimetri, per un metro sopra la *magra*, e per due o tre decimetri sotto di essa.

Le numerazioni ascendente e discendente prenderanno principio al punto della *magra*, nel quale sarà stabilito lo zero. Giova di avvertire anche che questi pali devono essere piantati nel punto in cui la scarpa della sponda s'incontra col pelo della *magra*.

§ 129. Nelle scarpe di breve estesa è facile di collocare la staza in guisa che il suo lato retto sia in linea coi punti estremi della scarpa; ma nelle scarpe molto lunghe, le quali hanno in oltre un ondeggiamento frequente, ch'è compensabile, per dirigere la staza convenientemente, v'è bisogno di una guida più sicura.

Abbiansi tre piccoli scopi eguali, alti circa mt. 1,30, torniti, presidiati nell'estremo inferiore da una vera con una testa di chiodo spianata e nell'estremo superiore sia internata una piccola piastra quadrata di latta, che lor serve di mira. Questi scopi saranno dipinti tutti ad olio uno bianco e due neri.

Sia per esempio il pendio ac (*fig* 26); posti verticali li due scopi neri m, m'' agli estremi, le sommità delle loro mire segneranno una linea paralella al pendio da rilevarsi. L'ingegnere traguardando le sommità m, m'' fa collocare verticale in b, lo scopo bianco m', in distanza tale da a che la staza possa appoggiare col lato retto sui due appoggj a, b degli m, m'.

L'appoggio b, si farà con una pietra sollevata con tanta terra, od internata nel terreno, finchè la sommità della mira bianca m', si confonda colle due nere m, m''. Collocando poi la staza sui due appoggj a, b, egli è evi-

dente che il suo lato retto è paralello alla visuale m, m', m'', e però si troverà tutto sulla pendenza $a\,c$. Se la distanza ac fosse tale che la visuale fosse incerta, si adatta alla sommità dello scopo m un piccolo cannocchiale acromatico con interna retticola di due fili minutissimi cogli orecchioni stabiliti sulla sommità dello scopo in guisa che l'asse ottico corrisponda sempre all'altezza fissata pegli scopi, e che possa muoversi verticalmente.

Appoggiando uno dei due lati dell' orosmetro sopra la staza costantemente nel sito rettificato, si avrà la misura dei due cateti del pendio, come già si è dimostrato, colla sola misura del pendio $a\,c$ che si rileva colla catena.

§ 130. Le sezioni si rilevano in modo di supporre il letto, li corpi d'acqua, le sponde, le golene, gli argini e le campagne adjacenti fino alle linee di livellazioni longitudinali, ed anche oltre occorrendo, tutto tagliato da un piano verticale traverso, e che levata la parte sopra-corrente al taglio resti l'inferiore per indicare il profilo dell' andamento superficiale di tutte le dette parti.

La *fig.* 27 esprime mezza sezione così fatta alla parte sinistra del fiume, bastando per dare un' idea del modo con cui devesi rilevare anche la figura della destra parte. Coll'orosmetro si rileva internamente il profilo $a\ b\ c\ d\ e\ f\ g$, riferito al picchetto i, della rispettiva livellazione longitudinale, ed al pelo della *magra* gm, col mezzo del palo idrometrico h.

Misurata quindi la pendenza ab della campagna se le adatta convenientemente la staza e l'orosmetro in o, e si rilevano le misure dei cateti $a'\,r$, $b'\,r$ (*fig.* 28). Osservisi bene ch' essendo l' angolo del pendio coll' orizzonte minore del semiretto, il lato dell' orosmetro contiguo alla base dei semicerchj si colloca in senso verticale alla staza. Misurata la scarpa $b\,c$ (*fig.* 27) si fa la stazione o^{I} dell' orosmetro, e nella *fig.* 28, si notano le misure di $b'\,s$, $c'\,s$. Anche in questa stazione il lato contiguo alla base dei semicerchj è verticale alla staza per la suddetta ragione. Misurata la sommità $c\,d$ (*fig.* 27) si fa la stazione o^{II}, col detto lato verticale come sopra; se la sommità fosse orizzontale il cateto $r'\,d'$, (*fig.* 28) sarebbe $= c'\,d'$, ed il cateto $c'\,r' = o$, altrimenti tutti due li cateti, prendono la misura dinotata dall'orosmetro. Nella scarpa $d\,e$ (*fig.* 27), essendo l' angolo del pendio col-

l'orizzonte maggiore del semiretto, il lato contiguo alla base dei semicerchj è paralello alla staza nella stazione o^{III}. Nella golena *e f* il detto angolo è minore del semiretto, e però il descritto lato si mette verticale alla staza nella stazione o^{IV}. Nella scarpa della sponda *f g* l' angolo è maggiore, dunque il lato noto dell'orosmetro dev'essere paralello alla staza nella stazione o^{V}. Ma poichè in quest'ultima stazione essendo troppo erto il pendio, e terminato dall' acqua riescirebbe incomodo da osservare l'orosmetro applicandolo sopra la staza, così giova di collocare la staza in direzione del pendio; ma in modo che circa la metà della lunghezza di quella sopravanzi il ciglio della golena, ed allora si applicherà al lato retto della staza lo stesso lato noto dell' orosmetro, perchè quivi questo offrirà eguali risultamenti, come se fosse alla staza l'orosmetro sovrapposto. Colle misure prese sui pendii *de*, *ef*, *fg*, si rilevano successivamente nelle dette stazioni le misure dei cateti *d' s'*, *s' e'* (*fig.* 28) pel 1.° pendio; dei cateti *e' r''*, *f' r''* pel secondo; e dei cateti *f' s''*, *g' s''* pel terzo.

Avendo da conoscere la posizione di un punto isolato inferiore o superiore al perimetro del profilo testè rilevato, come sarebbe il punto *t* (*fig.* 27), che è la sommità della base di un idrometro, se gli appoggia la staza dirigendola al punto più vicino fra quelli rilevati, per esempio in *e*, misurata la *t e*, ed applicato l'orosmetro sopra la staza col noto lato ad essa verticale, si ottiene la misura dei cateti *e' m*, *t' m* (*fig.* 28), i quali determinano la posizione del punto *t'*, riferita al punto *e'*.

§ 131. Tra li due pali, piantati a norma delli §§ 127 e 128, si tende la funicella descritta al § 86, e per tenerla ancor più ferma e più tesa la si ravvolge cogli estremi intorno ad un altro palo, piantato sul vivo della scarpa della sponda, e ritirato qualche poco dal rispettivo palo idrometrico. La funicella corrisponderà colle sue divisioni in modo, che fatto prima toccare con uno dei suoi segni un palo idrometrico, tenendola sempre tesa si rileva, presso l'altro palo idrometrico dell'altra sponda, quanti intervalli interi di due metri comprenda tutta la larghezza dello specchio dell' acqua a livello della magra, e se vi resterà una porzione d'intervallo,

per giungere a questo secondo palo, gli si avvicinerà il più prossimo segno della funicella pella metà della detta porzione frazionaria; cosicchè gl' intervalli interi saranno distribuiti in mezzo fra li due pali idrometrici, in aderenza a ciascuno de' quali resterà un' eguale frazione di un intervallo. Questa funicella sarà così fermata parallella alla retta che unisce li due segni che nei due pali idrometrici furono marcati per indicarvi lo zero, ossia la *magra*, coll'intervallo almeno di 3 decimetri dal pelo attuale, che non dev' essere di molto superiore al pelo della *magra*.

§ 132. L'ingegnere osserva poi se, non essendo molto largo il detto specchio d'acqua, la funicella tesa sia senza apparente curvatura, e se la vi è deve rilevare la misura dell' asse funicolare per calcolare le misure di tutti li diametri corrispondenti ai segni della divisione della fune, e poscia misura verticalmente gl' intervalli fra li detti segni, ed il pelo attuale, quest' intervalli sommati ai diametri daranno il profilo traversale del pelo attuale, riferito ad una linea retta di nota posizione, il quale, attesa la sua vicinanza a quello della *magra*, può essere concepito a questo paralello. Tale delicatissima operazione esige tutta l' accuratezza personale dell' ingegnere, altrimenti è superfluo di farla, ed è chiaro che bisogna adoperare una barchetta piccolissima per non produrre con essa sensibile alterazione nel pelo d'acqua nell'avvicinarsi colla pruora al punto da rilevarsi. Questo rilievo sarà inutile, semprecchè si osserverà col confronto della funicella che il pelo sia da considerarsi in linea retta traversalmente.

§ 133. Notata dall' ingegnere nella matrice della sezione (che sulla forma della *fig.* 28 egli delineerà in apposito libretto) la larghezza rilevata dello specchio di acqua lungo la $g'm'$, rileverà poi nei pali idrometrici il rapporto tra il pelo attuale, e quello della *magra*, e lo noterà di fianco al rispettivo palo, per memoria che da tutte le misure delli scandagli bisogna aggiungere o sottrarre la relativa quantità (secondo che il pelo attuale è inferiore o superiore a quello della *magra*) onde riferirli alla *magra*. Per la posizione del pelo della *massima piena*, e di quello della *media* corrente, basterà adattarla rispettivamente al pelo della *magra*, colla base delle regolari osservazioni sopra ogn' idrometro, tratte dai registri che

esistono presso li custodi degli argini. L'ingegnere pertanto ne farà le annotazioni nella matrice delle sezioni che corrispondono agl' idrometri.

§ 134. Usano molti di mettere una barca sopra o sotto-corrente della funicella, e di farla camminare coi remi attraverso il fiume, per eseguire, stando sulla sommità di uno degli *schermi*, li scandagli del fondo dalle divisioni della funicella; ma questo metodo è poco esatto, perchè la barca che non può essere piccola produce delle alterazioni sensibili di pelo nel sito delli scandagli, e perchè non si riesce mai coi remi a tenerla nella direzione che occorre.

L'apparato il più opportuno per eseguire con prontezza e precisione li scandagli è il seguente. Si provvede una barca di fondo il più piano ch'è possibile, affinchè meno s'immerga nell'acqua. Se le taglia la pruora per adattarvi un solajo con tessuto di travi e con tavolato, inclinando questo solajo in guisa che senza pericolo delle persone, che devono soprastarvi, il suo lato di fronte resti poco distante e paralello al pelo attuale. Sopra il tavolato e paralellamente al lato frontale si stabiliscono dei cordoni di legno, che servono per camminarvi con maggior sicurezza. La barca deve avere alla sua poppa il timone, e vicino alla pruora un traverso, nel mezzo del quale è assicurata verticalmente una colonnella di legno.

§ 135. Per guidare la barca si collocano nelle sommità delle due golene due argagni con cavalletti, assicurati da un palo fitto sul terreno. Intorno gli assi degli argagni, che girano intorno ai loro perni, si ravvolgono con un solo giro li capi di una corda grossa, che attraversa tutto l'alveo, e lunga più del doppio della distanza fra li due argagni; questa corda è fermata alla testa della colonnella della barca.

Essendo la barca aderente alla sinistra sponda, tutta inferiormente alla funicella che ha la divisione pelli scandagli, e col lato frontale del solajo sulla pruora vicino e paralello alla funicella medesima, la corda sarà tenuta per un capo da un uomo dietro l'argagno della sponda destra, ed il rimanente della corda, ch'è dietro all'argagno della sinistra, è rivoltato in terra circolarmente dopo di avere attorniato con un giro l'asse dell'argagno stesso. Volendo far passare la barca dalla sponda sinistra

alla sponda destra l'uomo dell'argagno destro tira a se il capo della corda, ed aggirandosi contemporaneamente il cilindro dell'asse risulta che la corda si allungherà verso il suo capo destro, richiamandovi sempre più vicina la colonnella della barca.

L'uomo ch'è dietro l'argagno sinistro, tiene sempre raccolta la corda, perchè non iscorra che quanto richiede il moto dell'argagno opposto, e perchè quando l'ingegnere ordina di fermare la fune resti immobile in tutti due gli argagni, e per conseguenza anche la barca nel sito in cui fu tirata. Il timoniere della barca regola continuamente il timone, perchè il lato frontale del solajo sulla pruora resti sempre paralello alla funicella. Gli argagni e la corda da essi reciprocamente attirata possono anche servire pella barchetta del § 132; e tanto per questa che per la barca grande è vantaggioso che gli argagni sieno piantati quanto più bassi è possibile, perchè la corda non faccia un angolo troppo sensibile nel punto, in cui è attaccata alla barca od alla barchetta, non giovando di alzar troppo la colonnella, per non mettersi a pericolo di recarsi personalmente a conoscere la forma del fondo.

§ 136. Se la profondità delli scandagli non sarà grande si faranno questi l'uno successivamente all'altro colla canna descritta al § 86, e non bastando quella si adopera la catena a norma del § medesimo. Quando la corrente è molto veloce un uomo solo non basta per manovrare tanto la canna che la catena, allora bisogna aggiungerne uno o due, secondo ch'è necessario. Lo scandagliatore in capo dev'essere forte, di statura alta, deve conoscere perfettamente la divisione della misura, e saperla pronunziare con chiarezza. L'ingegnere deve stare sul solajo per osservare ogni operazione, e per verificare egli stesso le misure finchè si accerti dell'esattezza dello scandagliatore. Ogni scandaglio, ossia misura di profondità che si rileva, dev'esser fatto colle seguenti avvertenze.

§ 137. Con la canna del § 86: 1.° si afferra fortemente la canna presso l'estremità superiore, e la s'immerge nell'acqua nel punto, che corrisponde verticalmente sotto il segno della divisione della funicella direttrice degli scandagli, inclinando la canna contro corrente; quanto più la si profonda, la forza dell'acqua la porta allo stato verticale, e se non si opera rapidamente nel farla

toccare il fondo la detta forza trasporta la canna o la rompe. 2.° Quando la canna tocca il fondo lo scandagliatore disteso boccone sul solajo cala una mano e fissa il pollice coll' unghia nel punto in cui il pelo dell'acqua corrente incontra la canna, senza muovere il dito, ritira a se l'estremo della canna e ritirandosi velocemente lungo il solajo vi trasporta la canna tutta fuori di acqua. 3.° Pronuncia lo scandagliatore la misura della profondità marcata al dissotto della sua unghia, e l'ingegnere la nota nella matrice lungo la rispettiva perpendicolare *np* (*fig.* 28). 4.° Si osserva la qualità della materia che si sarà attaccata nella pelle spalmata, e l'ingegnere ne farà annotazione; se nulla resterà attaccato sarà indizio che il fondo è composto di sasso o di grossi ciottoli che per la loro gravità e figura non possono venir attirati dal disco dello scandaglio.

§ 138. Colla catena del § 86: 1.° Lo scandagliatore innanellata distesamente in una mano o nel braccio la catena, fa lanciare in acqua da uno o due uomini il suo peso, alquanto superiormente alla funicella in direzione verticale alla stessa, nel punto della divisione in cui si vuole rilevare la profondità; contemporaneamente egli con ispeditezza va sciogliendo li rivolgimenti della catena finchè senta che il peso riposa sul fondo. Tale operazione dev' essere bene celere e precisa, perchè tendendo in alto la catena, finchè si comincia a sentire che il peso si solleverebbe dal fondo, deve essa trovarsi perpendicolare sotto il segno stabilito della divisione della funicella. 2.° Come fu detto per lo scandaglio colla canna lo scandagliatore opera anche colla catena, onde marcare e rilevare la misura della profondità e la natura del fondo, e l'ingegnere fa le relative annotazioni.

§ 139. Si avverte finalmente, che per non confondere la materia che si attacca nel disco sommerso, nelle successive immersioni con quelle delle antecedenti, dopo osservata la materia, la si spazza dalla pelle col mezzo di una granatina di ginestra o di saggina. Con tali avvertenze si faranno uno dopo l'altro tutti li scandagli *np* (*fig.* 28), e si avrà la figura del letto *g'pp....m'*, riferita al pelo attuale, e quindi al pelo della *magra*, essendosi già rilevato il rapporto tra li due peli. Quanto si è proposto pel rilievo delle sezioni traversali sembra che basti per eseguirne di qualsivoglia grandezza.

L'uso indicato dell'orosmetro pel rilievo dei profili degli argini può bastare anche per fare il profilo di qualunque monte, e con ciò si è dato compimento all'uso degli strumenti in campagna, ed ai metodi per eseguire e registrare li rilievi delle livellazioni.

CAPITOLO TERZO

RIDUZIONE E DISEGNO DEI PROFILI DI LIVELLAZIONE

ARTICOLO PRIMO

Distinzione delle tre forme di profili, ed oggetto del profilo primo pelle livellazioni longitudinali, ch'è l'apparente.

§ 140. Riferendosi alla parte I, dai rilievi finora descritti nella presente, due profili di livellazione devonsi ricavare: il profilo apparente, e quello reale. È poi da distinguersi un altro profilo reale che risulta dai rilievi delle sezioni, e questo si chiamerà Sezione. Il profilo I sarà l'apparente. Il profilo II sarà la Sezione. Il profilo III sarà il reale.

Il profilo I si desume da tutti li punti livellati, colle due livellazioni longitudinali, che se sono fatte in campagna dinotano le due linee di andamento della campagna destra e della sinistra. A queste due linee, medianti li punti comuni di livello che vi sono tra le livellazioni longitudinali e le sezioni, si aggiunge coll'unione dei corrispondenti punti rilevati colle sezioni. 1.° La linea del fondo medio del fiume dedotta dalla media delli scandagli in ogni sezione. 2.° La linea della *magra* colla media dei due punti osservati col livello sui due pali idrometrici in ogni sezione. 3.° Le due linee dei cigli delle golene destra e sinistra. 4.° Le due linee delle sommità degl'argini destro e sinistro. 5.° Le due linee della *massima piena*, e della *media*, coi punti osservati in ogni drometro.

Per indicare tutte queste linee con chiarezza, e col maggior possibile colpo d'occhio è forza di sfigurare la simiglianza del profilo cogli andamenti e colli rapporti reali di tutte le dette linee in natura, adoperando nel disegno dei profili le due scale di misura, l'una per le altezze, e l'altra per le lunghezze ossien distanze.

Questa deformità ne ricerca un'altra, ed è quella di considerare riferiti tutti gli andamenti ad una superficie piana, invece che ad una superficie sferica, come si deve ritenere quella del nostro globo.

§ 141. Si consideri la *fig.* 25, e si supponga proseguita la serie delle stazioni di livello per un grandioso numero. Atteso l'infinitesimo rapporto tra ogn' intervallo *AB*, *BC* ec. (frapposto agli scopi *A*, *B* ec.) con tutta la circonferenza della terra, le direzioni verticali degli scopi *A*, *B* ec. devonsi supporre paralelle (benchè sieno convergenti verso il centro della terra). Pel medesimo riflesso le orizzontali *ab*, *b'c'* ec., determinate dalle stazioni di livello, devonsi considerare fra loro paralelle (benchè ridotte tutte cogli estremi ad egual distanza dal centro terrestre, formino altrettanti lati infinitesimi di un poligono inscritto nella terra, e quindi formano fra loro un angolo ottusissimo).

Siffatte approssimazioni sono obbligate dall'impossibilità di rendere fisicamente sensibili le correzioni, per applicarle nella delineazione dei profili. Ma non perciò devesi perdere di vista che l'aggregato di tutte le orizzontali delle stazioni, ridotte tutte cogli estremi ad egual distanza dal centro terrestre, e delineato colle predette approssimazioni, forma una sola linea retta, invece che un poligono inscritto in un cerchio, ch'è la figura del perimetro di una sezione del globo terrestre. È per tal motivo che con questa operetta si propone di aggiungere nell'arte di livellare il profilo reale ch'è il III, la riduzione e la delineazione del quale si descriveranno in appresso.

§ 142. Quantunque il profilo I potrebbesi delineare colla sola guida della matrice di campagna (*fig.* 25), tuttavia per ottenere maggiore speditezza nella delineazione, e per conoscere a colpo d'occhio le misure delle differenze di livello di qualsivoglia punto con un altro dello stesso profilo, prima di porsi a disegnare si farà aritmeticamente la riduzione ad una comune orizzontale di tutti li punti livellati.

§ 143. Bisogna però avanti di ogni operazione osservare. 1.° Se sienvi delle stazioni, in cui il livello *L*, non sia stato posto in mezzo ai due punti, per esempio *A*, *B*; allora si fanno le correzioni di sfericità e di rifrazione alle rispettive altezze a norma del § 22, parte I. È chiaro che tali correzioni conviene farle anche a tutti

li punti intermedj osservati (§ 120) in ogni stazione, quando la loro distanza dal livello sia diversa da quella che passa tra lo stesso livello e li due scopi principali, antecedente e conseguente. 2.° L'altezza del livello ossia il suo punto non è rilevato senonchè per paragonarvi li punti di quella stazione che sono soggetti alle dette correzioni, e poi si trascura nel profilo il punto del livello, perchè calcolando coll' altezza rilevata egli sarebbe riferito alla metà della corda che unisce li due punti EE' (*fig.* 7), che ora si suppongono egualmente distanti dal punto di livello in B, mentre dev' essere riferito al punto B, ch'è egualmente distante dal centro O, come li due EE'. Questa vista è necessaria anche nel profilo apparente, perchè, come si è osservato al § 7, in esso li rapporti dei punti di livello colla retta comune orizzontale, ch'è il *livello apparente*, devono essere gli stessi che hanno in natura li punti suddetti col *livello vero*, ch'è il cerchio. Da ciò risulta che se si volesse tener conto dei punti di livello, si può farlo previa una correzione, quale rigorosamente consiste nel sottrarre dall' altezza del livello la quantità R — cos. $B\,O\,E$; ma nel profilo apparente essendo piccolissimo l'angolo centrale $B\,O\,E$, si può senza tema d' errore diminuire l' altezza del livello delle quantità corrispondenti, secondo le rispettive distanze, pegli effetti di sfericità e di rifrazione a norma delle tavole III e V, operando inversamente di quanto è detto nel § 99, perchè ivi queste quantità si aggiungono e quì devonsi sottrarre. Si previene che le correzioni alle altezze di livello non si fanno che dopo di aver corrette quelle dei punti inegualmente distanti da esso, altrimenti questi risulterebbero più alti del dovere. 3.° Registrate in un foglio tutte le altezze corrette distinguendo, quelle degli scopi antecedenti o conseguenti, quelle delle altezze di livello, e quelle dei punti intermedj, finalmente si determina il rapporto della linea retta orizzontale, ossia del *livello apparente*, col primo punto della livellazione, sotto o sopra di questo punto, tanto che non accada in tutto il successivo profilo che vi sia alcun punto, il quale resti dall' altra parte della detta orizzontale, riguardo alla parte in cui si destina che tutto debba giacere il profilo.

§ 144. Dopo di essersi fatti tutti li più accurati riscontri al registro del § 117 coi registri degli osserva-

tori, e colla matrice della livellazione, si ritiene quello soltanto per base della riduzione alla comune orizzontale dei punti di livellazione, giacchè devono essere ridotti prima tutti gli antecedenti, e tutti li conseguenti principali di ogni stazione, e se occorrono anche li punti del livello, per poi ridurre parzialmente li punti intermedj e quelli delle sezioni, sia dunque il seguente:

Anno 1820	Registro della Livellazione Longitudinale a destra								
Data		Serie		Altezze degli Antecedenti	Distanze antecedenti	Altezze del Livello	Distanze conseguenti	Altezze dei conseguenti	Annotazioni
Mese	Giorno	Degli idrometri	Delle stazioni						
					mt.		mt.		
Giugno	10	I	1	mt. 2,755 (*Aa*	100	mt. 1,402 (L_1) 1,401	100	mt. 1,327 (*Bb*	
			2	» 2,622 (*Bb'*	100	» 1,384 (L_2) 1,383	100	» 3,123 (*Cc*	
			3	» 2,132 (*Cc*	100	» 1,357 (L_3) 1,356	100	» 0,000 (*Dd*	
			4	» 1,954 (*Dd*	100	» 1,412 (L_4) 1,411	100	» 1,421 (*Ee*	
		II	5	» 0,603 (*Ee'*	100	» 1,296 (L_5) 1,295	100	» 1,082 (*Ff*	
			Somma	10,066			Somma	6,953	

Questo registro si è riferito colle lettere alla *fig.* 25 affine di far concepire ancor più chiaramente la verità delle operazioni aritmetiche che qui si esporranno per disteso, onde dimostrare nella forma la più succinta le diverse maniere di operare nel ridurre li punti ad una sola orizzontale superiore od inferiore ad essi; e per i soli punti antecedenti e consegnenti, oppure per questi unitamente a quelli del livello. Per ottenere gli stessi risultati in tutte le maniere di riduzione, si proporranno due metodi che si reputano li migliori ed ognuno a piacere potrà indifferentemente all'uno od all'altro attenersi.

§ 145. Prima di passare all'esposizione dei metodi, conviene osservare che in ogni stazione il livello è ad eguali distanze dalli rispettivi antecedente e conseguente, e però non occorre alcuna correzione pegli antecedenti

e pel conseguenti, e siccome poi in tutte le stazioni le dette distanze sono eguali, così le correzioni pelle altezze dei punti del livello sono costanti in tutte cinque le proposte stazioni, ed è perciò che tutte queste altezze dovranno essere diminuite della seguente quantità essendo mt. 100 la misura comune di tutte le distanze.

Correzione, pella sfericità (tavola III) l' eccesso per . . . mt. 100, = mt. 0,0008
idem pella rifrazione (tavola V) abbassamento per . . . . . mt. 100 = mt. 0,0001

Totale mt. 0, 0009

ovvero prossimamente mt. 0,001, ed è appunto di tal quantità che si sono diminuite tutte le altezze di livello di fianco a quelle notate nella rispettiva finca del premesso registro.

Metodo I. di riduzione alla comune orizzontale

§ 146. Il punto A (*fig.* 25) è più basso del punto F di mt. 3,113, perchè la somma degli antecedenti è di mt. 10,066, e quella dei conseguenti è di mt. 6,953 (§ 124).

Riduzione I.

§. 147. Antecedenti e conseguenti riferiti all' orizzontale PH superiore di mt. 6 al punto A dell' idrometro I.

metri

(*fig.* 25) 6,000 6,000 $= Am$
$Bb = 1,327$

$+ Aa = 2,755$ . . . 7,327 4,572 $= Bm$
$Bb' = 2,622$ $Cc' = 3,123$

— 5,377 . . . 10,450 5,073 $= Cm$
$Cc = 2,132$ $Dd' = 0,000$

— 7,509 . . . 10,450 2,941 $= Dm$
$Dd = 1,954$ $Ee = 1,421$

— 9,463 . . . 11,871 2,408 $= Em$
$Ee' = 0,603$ $Ff = 1,082$

— 10,066 . . . 12,953 2,887 $= Fm$

$Am - Fm = 6,000 - 2,887 = 3,113$
(come nel § 146)

Riduzione II.

§ 148. Antecedenti e conseguenti riferiti all' Orizzontale $P'H'$ inferiore di mt. 6 al punto A dell' idrometro I.

metri

$Am' =$ 6,000 . . 6,000 —
$Aa = 2,755$

$Bm' =$ 7,428 . . . . 8,755 — $Bb = 1,327$
$Bb' = 2,622$ $Cc' = 3,123$

$Cm' =$ 6,927 . . . 11,377 — 4,450
$Cc = 2,132$ $Dd' = 0,000$

$Dm' =$ 9,059 . . . 13,509 — 4,430
$Dd = 1,954$ $Ee = 1,421$

$Em' =$ 9,592 . . . 15,463 — 5,871
$Ee' = 0,603$ $Ff = 1,082$

$Fm' =$ 9,113 . . . 16,066 — 6,953

$Fm' - Am' = 9,113 - 6,000 = 3,113$
(come nel § 146)

A colpo d' occhio risulta tanto nelle premesse riduzioni, quanto nella *fig.* 25 che $Am + Am' =$ mt. 12; $Bm + Bm' =$ mt. 12 ec.; dunque le altezze riferite all' orizzontale superiore sono complementi delle altezze riferite all' orizzontale inferiore.

Riduzione III

§ 149 Antecedenti, Livelli, e Conseguenti riferiti all'orizzontale *PH* superiore di mt. 6 al punto *A* dell'Idrometro I.

			metri
		6,000	$6{,}000 = Am$
		$L_{(1)} = 1{,}401$	
$-Aa = 2{,}755$	....	7,401	$4{,}646 = L_{(1)}n$
$L_{(1)} = 4{,}401$		$Bb = 1{,}327$	
—	4,156	8,728	$4{,}572 = Bm$
$Bb' = 2{,}622$		$L_{(2)} = 1{,}383$	
—	6,778	10,111	$3{,}333 = L_{(2)}n$
$L_{(2)} = 1{,}383$		$Cc' = 3{,}123$	
—	8,161	13,234	$5{,}073 = Cm$
$Cc = 2{,}132$		$L_{(3)} = 1{,}356$	
—	10,293	14,590	$4{,}297 = L_{(3)}n$
$L_{(3)} = 1{,}356$		$Dd' = 0{,}000$	
—	11,649	14,590	$2{,}941 = Dm$
$Dd = 1{,}954$		$L_{(4)} = 1{,}411$	
—	13.603 ...	16,001	$2{,}398 = L_{(4)}n$
$L_{(4)} = 1{,}411$		$Ee = 1{,}421$	
—	15,014 ...	17,422	$2{,}408 = Em$
$Ee' = 0{,}603$		$L_{(5)} = 1{,}295$	
—	15,617	18,717	$3{,}100 = L_{(5)}n$
$L_{(5)} = 1{,}295$		$Ff = 1{,}082$	
—	16,912	19,799	$2{,}887 = Fm$

$Am - Fm = 6{,}000 - 2{,}887 = 3{,}113$

(come al § 146.)

Riduzione IV

§ 150. Antecedenti, Livelli, e Conseguenti riferiti all'orizzontale *P' H'* inferiore di mt. 6 al punto *A* dell'Idrometro I.

metri			
$Am' = 6{,}000$	 6,000		
	$Aa = 2{,}755$		
$L_{(1)}n' = 7{,}354$	.... 8,755 —	$L_{(1)} = 1{,}401$	
	$L_{(1)} = 1{,}401$	$Bb = 1{,}327$	
$Bm' = 7{,}428$	.... 10,156 —	 2,728	
	$Bb' = 2{,}622$	$L_{(2)} = 1{,}383$	
$L_{(2)}n' = 8{,}667$	.... 12,778 —	 4,111	
	$L_{(2)} = 1{,}383$	$Cc' = 3{,}123$	
$Cm' = 6{,}927$	.... 14,161 —	 7,234	
	$Cc = 2{,}132$	$L_{(3)} = 1{,}356$	
$L_{(3)}n' = 7{,}703$	.... 16,293 —	 8,590	
	$L_{(3)} = 1{,}356$	$Dd' = 0{,}000$	
$Dm' = 9{,}059$	.... 17,649 —	 8,590	
	$Dd = 1{,}954$	$L_{(4)} = 1{,}411$	
$L_{(4)}n' = 9{,}602$	.... 19,603 —	 10,001	
	$L_{(4)} = 1{,}411$	$Ee = 1{,}421$	
$Em' = 9{,}592$	.... 21,014 —	 11,422	
	$Ee' = 0{,}603$	$L_{(5)} = 1{,}295$	
$L_{(5)}n' = 8{,}900$	.... 21,617 —	 12,717	
	$L_{(5)} = 1{,}295$	$Ff = 1{,}082$	
$Fm' = 9{,}113$	.... 22,912 —	 13,799	

$Fm' - Am' = 9{,}113 - 6{,}000 = 3{,}113$

(come nel § 146.)

È manifesto che facendo le riduzioni III e IV non si fanno la I e la II, le quali si preferiscono sempreché non è necessario di tener conto dei punti del livello.

Metodo II. di riduzione alla comune orizzontale.

Riduzioni I e III
all' Orizzontale superiore

metri

§ 151. 6,000 . . . . $Am = 6{,}000$
$- Aa = 2{,}755$

3,245 $+ L_{(1)}$ 1,401 $L_{(1)}n = 4{,}646$
$+ Bb = 1{,}327$

4,572 . . . . $Bm = 4{,}572$
$- Bb' = 2{,}622$

1,950 $+ L_{(2)}$ 1,383 $L_{(2)}n = 3{,}333$
$+ Cc' = 3{,}123$

5,073 . . . . $Cm = 5{,}073$
$- Cc = 2{,}132$

2,941 $+ L_{(3)}$ 1,356 $L_{(3)}n = 4{,}297$
$+ Dd' = 0{,}000$

2,941 . . . . $Dm = 2{,}941$
$- Dd = 1{,}954$

0,987 $+ L_{(4)}$ 1,411 $L_{(4)}n = 2{,}398$
$+ Ee = 1{,}421$

2,408 . . . . $Em = 2{,}408$
$- Ee' = 0{,}603$

1,805 $+ L_{(5)}$ 1,295 $L_{(5)}n = 3{,}100$
$+ Ff = 1{,}082$

2,887 . . . . $Fm = 2{,}887$

Riduzioni II e IV
all' Orizzontale inferiore

metri

§ 152. 6,000 . . . . . . $Am' = 6{,}000$
$+ Aa = 2{,}755$

8,755 $- L_{(1)}$ 1,401 $L_{(1)}n' = 7{,}354$
$- Bb = 1{,}327$

7,428 . . . . . . $Bm' = 7{,}428$
$+ Bb' = 2{,}622$

10,050 $- L_{(2)}$ 1,383 $L_{(2)}n' = 8{,}667$
$- Cc' = 3{,}123$

6,927 . . . . . . $Cm' = 6{,}927$
$+ Cc = 2{,}132$

9,059 $- L_{(3)}$ 1,356 $L_{(3)}n' = 7{,}703$
$- Dd' = 0{,}000$

9,059 . . . . . . $Dm' = 9{,}059$
$+ Dd = 1{,}954$

11,013 $- L_{(4)}$ 1,411 $L_{(4)}n' = 9{,}602$
$- Ee = 1{,}421$

9,592 . . . . . . $Em' = 9{,}592$
$+ Ee' = 0{,}603$

10,195 $- L_{(5)}$ 1,295 $L_{(5)}n' = 8{,}900$
$- Ff = 1{,}082$

9,113 . . . . . . $Fm' = 9{,}113$

Qualora, usando il secondo metodo di riduzione, non si voglia tener conto dei punti del livello, le operazioni restano le stesse, e non si fa altro che ommettere le somme o le sottrazioni laterali delle altezze del livello.

§ 153. Si crede superflua qualunque dimostrazione ulteriore riguardo ai due proposti metodi di riduzione, giacchè le operazioni aritmetiche sono tutte riferite alla stessa *fig.* 25, nella quale il rispettivo paralellismo delle verticali, e delle orizzontali esprime evidentemente la ragione di tutto. Si avverte soltanto, che in tutte le maniere di riduzione con entrambi li metodi si proseguono le operazioni indefinitamente, avendo riguardo però nel determinare il rapporto del primo punto colla comune orizzontale, affinchè non succeda mai ch' essa intersechi la linea del profilo. Infine la semplicità del secondo metodo pare che possa fargli meritare la preferenza in confronto del primo.

§ 154. Fatte le rispettive correzioni di sfericità e di rifrazione ai punti intermedj antecedenti e conseguenti di ogni stazione, e trovato il reale loro rapporto di livello col punto del livello nella rispettiva stazione, si aggiunge o si sottra questo rapporto dalla perpendicolare ridotta del livello sotto l' orizzontale superiore, secondo che il punto intermedio è più basso o più alto del punto del livello, e viceversa quando l' orizzontale è inferiore.

§ 155. Secondo la lunghezza del fiume, ossia della linea di livellazione eseguita, si determina se sia possibile di delinearne il profilo in una sola tavola composta da più fogli di carta esattamente fra loro incollati, se poi la lunghezza di questa tavola risultasse d' incomodo maneggio, allora si aumenta il numero delle tavole ritenendo sempre il riflesso che quanto maggior estesa di fiume sarà contenuta in una tavola, tanto più vantaggioso risulterà il colpo d' occhio che si richiede nel profilo, semprechè non si confondano le verticali dei punti. Stabilita così la lunghezza, risulta la base per assegnare al profilo la scala delle distanze (fra quelle fissate nel regolamento relativo dell' I. R. Corpo di acque e strade) che gli conviene.

Per la scala delle altezze si usa la VII. (di un centimetro per un metro) oppure la VIII (di un centimetro per due metri), secondo che le linee indicate nel § 140 riescono più o meno unite fra loro.

§ 156. Si tira una linea orizzontale indefinita presso il lato superiore della tavola se dev' essere sopra del profilo, e presso il lato inferiore se dovrà essere sotto del profilo.

Si marcano su questa linea l'uno successivamente all'altro tutti gl' intervalli fra li punti ridotti della livellazione non compresi gl' intermedj, secondo le misure notate nel registro del § 117, e da rilevarsi colla scala delle distanze, osservando di collocare gl' intervalli in modo che la parte più alta dell' andamento livellato corrisponda nella tavola alla sinistra di chi la osserva. In ogni intervallo si nota la distanza sotto l' orizzontale; e sopra l' orizzontale si notano le distanze complessive da idrometro ad idrometro. Si conducono tante perpendicolari indeterminate all' orizzontale pei punti che dividono gl' intervalli sotto o sopra di essa, secondo che rispetto della medesima devesi delineare il profilo. Sopra ogni perpendicolare si applica successivamente la misura ridotta pel rispettivo punto colla scala delle altezze, partendo sempre dall' orizzontale colle misure, ed infine si uniscono con una linea continua tutti li punti determinati nelle perpendicolari e questa linea rappresenterà l' andamento, però deforme (§ 140) del suolo livellato, e dalle differenze delle misure ridotte, notate in ogni perpendicolare, si ha prontamente il rapporto di livello dei punti che vogliansi paragonare, per quanto sieno fra loro distanti ed intermediati da altri punti.

§ 157. Siccome due sono gli andamenti livellati longitudinalmente, uno a destra e l' altro a sinistra, e siccome tra ogni due idrometri tanto da una parte che dall'altra il numero delle stazioni dev'essere eguale (§ 112) così ogni perpendicolare può servire a due punti corrispondenti delle due livellazioni, ed unendo successivamente anche li punti della seconda livellazione in tutte le perpendicolari, con altra linea continua, si otterranno due linee che indicheranno li andamenti delle due campagne aderenti al fiume, sulle quali sonosi fatte le due livellazioni.

§ 158. Nelle perpendicolari, in cui corrispondono sezioni, si notano in ognuna li punti, che devono dirigere le linee indicate nel § 140, desumendone le posizioni colla riduzione dei punti relativi delle sezioni alla comune orizzontale. Nei punti, che le diverse linee intersecano le verticali del profilo, si notano inclinatamente li numeri ch' esprimono la rispettiva misura ridotta sotto la comune orizzontale. Il campo della tavola sotto la linea del fondo medio del fiume si lava con una tinta di

terra d'ombre scura, e sfumata dolcemente partendo dalla detta linea in giù. Tutte le altre linee si tracciano distintamente con diversi colori, ma senza tinte per evitare gli offuscamenti.

§ 159. Li punti intermedj si notano nel profilo colle rispettive perpendicolari e misure, ridotte sotto la comune orizzontale, disegnando colla maggior semplicità l'oggetto, per conoscere se sia una chiavica, un ponte, un pilastro, od un altro stabile, e scrivendovi sotto l'indicazione precisa del paese, della proprietà, e della natura dello stabile figurato. Si noteranno inoltre con distinzione la serie degl' idrometri, dei punti di livellazione longitudinale, e delle sezioni. In tal guisa il profilo apparente ossia il I. è delineato.

ARTICOLO II

Disegno del profilo II, ossia di una sezione, e rapporto dei suoi punti col profilo I.

§ 160. La *fig.* 28, ch'è la matrice di campagna di una sezione, insegna per se stessa a delineare il suo profilo. Con una sola scala lo si delinea, ed è la VII o la VIII. Si conduce nella tavola pelle sezioni una orizzontale indeterminata xy (*fig.* 28). In mezzo a questa si adatta il pelo della *magra*, il quale coinciderà coll'orizzontale in $g'\,m'$, se li punti estremi della *magra* (§ 127) saranno a livello, e se il pelo (§ 132) sarà in linea retta. Ma se li punti estremi non fossero a livello bisogna alzare l'estremo relativo della linea che rappresenta il pelo di tanto quanto è la differenza di livello tra li due estremi del pelo. E se poi il pelo non fosse retto, bisogna sopra la detta retta rappresentativa delinearvi l'andamento simile a quello rilevato a termini del § 132.

§. 161. Da g' verso x, si notano successivamente nella xy le misure di tutte le orizzontali, $f'\,s''$, $r''\,e'$, ... ec. e dai punti z, z....si elevano altrettante perpendicolari: la prima $= f'\,z\;g'\,s''$; la seconda $e'\,z = f'\,z + f'\,r''$; la terza $d'\,z = e'\,z + e'\,s'$; la quarta $c'\,z = d'\,z - c'\,r'$.... ec.

Tutte queste perpendicolari dedotte successivamente dall' altezza ridotta del rispettivo punto della *magra*, (ch' è uno degli intermedj delle livellazioni longitudina-

li) fanno conoscere la posizione di tutti li punti a', b', c', d', e', f', sotto la comune orizzontale. Si opera egualmente per delineare il profilo sopra l'orizzontale della *magra* anche dall'altra parte del fiume.

§ 162. Si divide poi colla scala il pelo $g' m'$, negl'intervalli delli scandagli (§ 131), si calano tante verticali dai punti di divisione, e successivamente in ogni perpendicolare si marca cominciando dal pelo della *magra* la misura del relativo scandaglio corretta preventivamente (§ 133). Si uniscono tutti li termini delle perpendicolari superiori ed inferiori all'orizzontale della *magra*, con una linea continua, e questa rappresenta la figura reale ed in detaglio della sezione. Con eguali norme si marcano li punti isolati del profilo (§ 130); ed i peli della *massima piena*, e della *media* (§ 135). Si notano in tutte le perpendicolari le misure rispettive, e nei loro intervalli le misure delle loro distanze. In ogni sezione si nota il numero che indichi quanto uno dei suoi punti principali resti sotto la comune orizzontale del profilo I.

Finalmente si lava con tinta leggère di terra d'ombre sfumata il campo sotto la linea continua del profilo, e si delineano azzurri li peli d'acqua.

ARTICOLO III

Riduzione e disegno del profilo III, ch' è il reale delle livellazioni longitudinali.

§ 163. Il profilo III ossia il reale propriamente detto deve rappresentare senz' alcuna deformità la linea del fondo medio del fiume sulla superficie terrestre (§§ 9, 10), avuto riguardo alle tortuosità dell' alveo (§ 13). Devesi quindi delinearlo con una sola scala, e riferire al *livello vero* tutti li suoi punti colla scorta della tavola III. La scala che deve servire pella delineazione di questo profilo, la si determina secondo la lunghezza del fiume, e la grandezza del foglio, in cui si vuole disegnarlo, e colla vista costante di poter distintamente rilevare li punti essenziali del profilo.

È manifesto che non può considerarsi nel profilo reale tutti li punti che si sono rilevati col profilo apparente, ma quelli soltanto che colla scala adottata misurandone gl' intervalli, restano abbastanza distinti.

Dal profilo apparente scelgonsi dunque tutti li punti

che voglionsi indicare nel profilo reale, e colla riduzione II (§§ 148, 152) si riferiscono tutti alla comune orizzontale inferiore che però si determina al livello della *comune* del mare.

Li rapporti di livello dei diversi punti coll' orizzontale sono eguali, tanto riferendoli al livello apparente, che al livello vero (§§ 7, 142), dunque sottraendo da questi rapporti gli eccessi del *livello apparente* sopra il *livello vero,* a tenore della tavola III, li risultati positivi indicheranno le posizioni dei punti nelle secanti prolungate sopra il *livello apparente,* ed i risultati negativi fisseranno la posizione dei punti nelle secanti rispettive, ma sotto il *livello apparente.*

§ 164. La *fig.* 29 è profilo apparente del fondo di un fiume, in cui li soli punti $a, b, c, d, e, f,$ sono riferiti alla comune orizzontale xy, ossia al *livello apparente* che passa per f, ch' è il segno della *comune* del mare.

Affine di non recar confusione nella piccolezza della figura si suppongono nell' orizzontale li punti, normalmente corrispondenti ai primi, $g, n, o, p, q, f,$ cogl' intervalli eguali di un millione di metri, tale volendosi la distanza misurata sulla superficie terrestre tra un punto e l'altro nello stesso cerchio massimo (§ 13).

Li rispettivi rapporti di livello perchè sieno visibili nella piccola figura sieno li seguenti:

per $a = ag =$ mt. 800000	per $d = dp =$ 300000
per $b = bn =$ » 600000	per $e = eq =$ 100000
per $c = co =$ » 400000	per $f =$ 0 $=$ 0.

La scala con cui è delineata la *fig.* 29 è tale che un centimetro equivale ad un millione di metri.

§ 165. La *fig.* 30 rappresenta la costruzione del profilo reale per lo stesso fiume del § precedente. Sia xy l' orizzontale indicante il livello apparente, che toccherà in g l' immaginaria circonferenza della *comune* del mare.

Sopra questa orizzontale, ch' è la linea delle tangenti a norma della tavola III, o della IV, si notino successivamente le misure delle tangenti degli angoli determinati dalle misure indicate nell' orizzontale della *fig.* 29, e siano:

per gn = 10° tangente = mt. 1008300
per go = 20° » = » 2068500
per gp = 30° » = » 3243740
per gq = 40° » = » 4625314
per gf = 50° » = » 6366198

Con tali misure marcate le tangenti *gh, gi, gk, gl, gm,* (*fig.* 30) si conduca la perpendicolare *gz* indefinita, e poi si tracciano mediante un esatto trasportatore le secanti, che facciano gli angoli corrispondenti colle tangenti a norma delle dette tavole, e perchè la *fig.* 30 è piccola si vedono tutte segare la *gz* nello stesso punto *r*, ch' è il centro del *livello vero*. Prolunghansi la perpendicolare e le secanti indeterminate anche sopra del *livello apparente*.

Al di sotto del *livello apparente* in ogni secante si marca la misura del rispettivo eccesso sopra il *livello vero*, rilevando gli eccessi dalle tavole suddette, che saranno i seguenti:

per	10°	=	*hn*	=	mt.	79355
»	20°	=	*io*	=	»	327618
»	30°	=	*kp*	=	»	778752
»	40°	=	*lq*	=	»	1502855
»	50°	=	*fm*	=	»	2636964

Questi eccessi portati nelle secanti producono li punti *g, n, o, p, q, f,* che sono tutti egualmente distanti dal centro *r*, e che perciò si trovano tutti nella circonferenza della *comune* del mare ch' è il *livello vero*.

§ 166. Ciò fatto si applicano ad uno ad uno li rapporti di livello dei punti *a, b, c, d, e, f,* lungo le secanti prolungate partendo dai rispettivi punti del *livello vero*, e si avrà il profilo reale, ch' è quello che si cerca.

Li punti di questo profilo corrisponderanno col *livello apparente* come segue.

a = + *ag* — 0	= mt. 800000 —	000000 =	+ mt.	800000
b = + *bn* — *hn*	= » 600000 —	79355 =	+ »	520645
c = + *co* — *io*	= » 400000 —	327618 =	+ »	72382
d = + *dp* — *kp*	= » 300000 —	778752 =	— »	478752
e = + *eq* — *lq*	= » 100000 —	1502855 =	— »	1402855
f = + 0 — *fm*	= » 000000 —	2636964 =	— »	2636964

Nella corrispondenza definitiva il segno + indica che devonsi notare sopra del *livello apparente*, ed il segno — vuol dire che devono essere notate sotto del *livello apparente*.

Se vi fossero dei punti che cadessero sotto il *livello vero*, allora la misura del loro rapporto sarebbe negativa, e dovrebbesi quindi sommare col rispettivo eccesso del *livello apparente* sopra del *vero*.

§ 167. Se con una corda *af*, tanto nella *fig.* 29, come

nella *fig.* 30, si uniranno li due punti estremi *a*, *f* dei profili, risulterà a colpo d'occhio, che il profilo apparente (*fig.* 29) è concavo sotto la corda *af*, e che il profilo reale (*fig.* 30) è convesso sopra la corda *af*, di una quantità più che decupla di quella per cui l'apparente è concavo.

§ 168. Per formare il profilo reale non è necessario che la livellazione sia concatenata, giacchè essendo li punti molto distanti può essere determinata la loro posizione riguardo al livello della *comune* del mare, mediante osservazioni geodetiche, ed anche barometriche.

SEGUONO

LE

TAVOLE

PER LA RIDUZIONE

DEI

PROFILI

AVVERTIMENTO

PER LE TAVOLE I E II

Dietro quanto è detto al § 16 *la quarta parte del Meridiano colla nuova misura centesimale è divisa in* 100 *gradi, ogni grado in* 100 *minuti primi* (*che diconsi kilometri, o nuove miglia*), *ed ogni minuto primo in* 100 *secondi.*

Coll' antica misura poi è divisa in 90 *gradi, ogni grado in* 60 *minuti primi* (*che diconsi anche miglia geografiche*) *ed ogni minuto primo in* 60 *minuti secondi.*

TAVOLA I

Corrispondenza della nuova divisione degli Angoli coll' antica.

Divisione centesimale	Corrispondenza colla antica divisione							Serie Comune pella divisione centesimale	Corrispondenza colla antica divisione							Ser. Com. pella divis. cent.	Corrispondenza colla antica divisione						
	Pei gradi centesimali		Pei minuti centesim.			Pei secondi centesim.			Pei gradi centesimali		Pei minuti centesim.			Pei secondi centesim.			Pei gradi centesimali		Pei minuti centesim.			Pei secondi centesim.	
	gradi	minuti	minuti	secondi	decim.	secondi	decim.		gradi	minuti	minuti	secondi	decim.	secondi	decim.		gradi	minuti	minuti	secondi	decim.	secondi	decim.
1	0°	54'	0'	32"	,4	0"	324	35	31°	30'	18'	54"	,0	11"	340	69	62°	6'	37'	15"	,6	22"	356
2	1	48	1	4	,8	0	,648	36	32	24	19	26	,4	11	,664	70	63	0	37	48	,0	22	,680
3	2	42	1	37	,2	0	,972	37	33	18	19	58	,8	11	,988	71	63	54	38	20	,4	23	,004
4	3	36	2	9	,6	1	,296	38	34	12	20	31	,2	12	,312	72	64	48	38	52	,8	23	,328
5	4	30	2	42	,0	1	,620	39	35	6	21	3	,6	12	,636	73	65	42	39	25	,2	23	,652
6	5	24	3	14	,4	1	,944	40	36	0	21	36	,0	12	,960	74	66	36	39	57	,6	23	,976
7	6	18	3	46	,8	2	,268	41	36	54	22	8	,4	13	,284	75	67	30	40	30	,0	24	,300
8	7	12	4	19	,2	2	,592	42	37	48	22	40	,8	13	,608	76	68	24	41	2	,4	24	,624
9	8	6	4	51	,6	2	,916	43	38	42	23	13	,2	13	,932	77	69	18	41	34	,8	24	,948
10	9	0	5	24	,0	3	,240	44	39	36	23	45	,6	14	,256	78	70	12	42	7	,2	25	,272
11	9	54	5	56	,4	3	,564	45	40	30	24	18	,0	14	,580	79	71	6	42	39	,6	25	,596
12	10	48	6	28	,8	3	,888	46	41	24	24	50	,4	14	,904	80	72	0	43	12	,0	25	,920
13	11	42	7	1	,2	4	,212	47	42	18	25	22	,8	15	,228	81	72	54	43	44	,4	26	,244
14	12	36	7	33	,6	4	,536	48	43	12	25	55	,2	15	,552	82	73	48	44	16	,8	26	,568
15	13	30	8	6	,0	4	,860	49	44	6	26	27	,6	15	,876	83	74	42	44	49	,2	26	,892
16	14	24	8	38	,4	5	,184	50	45	0	27	0	,0	16	,200	84	75	36	45	21	,6	27	,216
17	15	18	9	10	,8	5	,508	51	45	54	27	32	,4	16	,524	85	76	30	45	54	,0	27	,540
18	16	12	9	43	,2	5	,832	52	46	48	28	4	,8	16	,848	86	77	24	46	26	,4	27	,864
19	17	6	10	15	,6	6	,156	53	47	42	28	37	,2	17	,172	87	78	18	46	58	,8	28	,188
20	18	0	10	48	,0	6	,480	54	48	36	29	9	,6	17	,496	88	79	12	47	31	,2	28	,512
21	18	54	11	20	,4	6	,804	55	49	30	29	42	,0	17	,820	89	80	6	48	3	,6	28	,836
22	19	48	11	52	,8	7	,128	56	50	24	30	14	,4	18	,144	90	81	0	48	36	,0	29	,160
23	20	42	12	25	,2	7	,452	57	51	18	30	46	,8	18	,468	91	81	54	49	8	,4	29	,484
24	21	36	12	57	,6	7	,776	58	52	12	31	19	,2	18	,792	92	82	48	49	40	,8	29	,808
25	22	30	13	30	,0	8	,100	59	53	6	31	51	,6	19	,116	93	83	42	50	13	,2	30	,132
26	23	24	14	2	,4	8	,424	60	54	0	32	24	,0	19	,440	94	84	36	50	45	,6	30	,456
27	24	18	14	34	,8	8	,748	61	54	54	32	56	,4	19	,764	95	85	30	51	18	,0	30	,780
28	25	12	15	7	,2	9	,072	62	55	48	33	28	,8	20	,088	96	86	24	51	50	,4	31	,104
29	26	6	15	39	,6	9	,396	63	56	42	34	1	,2	20	,412	97	87	18	52	22	,8	31	,428
30	27	0	16	12	,0	9	,720	64	57	36	34	33	,6	20	,736	98	88	12	52	55	,2	31	,752
31	27	54	16	44	,4	10	,044	65	58	30	35	6	,0	21	,060	99	89	6	53	27	,6	32	,076
32	28	48	17	16	,8	10	,368	66	59	24	35	38	,4	21	,384	100	90	0	54	0	,0	32	,400
33	29	42	17	49	,2	10	,692	67	60	18	36	10	,8	21	,708								
34	30	36	18	21	,6	11	,016	68	61	12	36	43	,2	22	,032								

*

TAVOLA II

Corrispondenza dell' antica divisione degli Angoli colla nuova.

Gradi nonagesimali	Corrispondenza in centesimali	Gradi nonagesimali	Corrispondenza in centesimali	Gradi nonagesimali	Corrispondenza in centesimali	Ser. Com. pei min. e sec. sessages.	Corrispondenza colla nuova misura: Pei minuti sessagesimali	Corrispondenza colla nuova misura: Pei sec. sessagesim.	Ser. Com. pei min. e sec. sessages.	Corrispondenza colla nuova misura: Pei minuti sessagesimali	Corrispondenza colla nuova misura: Pei secondi sessagesimali
1°	1° 11′ 11″,1	31°	34° 44′ 44″,4	61°	67° 77′ 77″8	1	1′ 85″,2	3″1	31	57′ 40″,7	95″,7
2	2 22 22 ,2	32	35 55 55 ,6	62	68 88 88 ,9	2	3 70 ,4	6 ,2	32	59 25 ,9	98,8
3	3 33 33 ,3	33	36 66 66 ,7	63	70 0 0 ,0	3	5 55 ,6	9 ,3	33	61 11 ,1	1′ 1″,9
4	4 44 44 ,4	34	37 77 77 ,8	64	71 11 11 ,1	4	7 40 ,7	12 ,3	34	62 96 ,3	1 4,9
5	5 55 55 ,6	35	38 88 88 ,9	65	72 22 22 ,2	5	9 25 ,9	15 ,4	35	64 81 ,5	1 8,0
6	6 66 66 ,7	36	40 0 0 ,0	66	73 33 33 ,3	6	11 11 ,1	18 ,5	36	66 66 ,7	1 11,1
7	7 77 77 ,8	37	41 11 11 ,1	67	74 44 44 ,4	7	12 96 ,3	21 ,6	37	68 51 ,9	1 14,2
8	8 88 88 ,9	38	42 22 22 ,2	68	75 55 55 ,6	8	14 81 ,5	24 ,7	38	70 37 ,0	1 17,3
9	10 0 0 ,0	39	43 33 33 ,3	69	76 66 66 ,7	9	16 66 ,7	27 ,8	39	72 22 ,2	1 20,4
10	11 11 11 ,1	40	44 44 44 ,4	70	77 77 77 ,8	10	18 51 ,9	30 ,9	40	74 7 ,4	1 23,5
11	12 22 22 ,2	41	45 55 55 ,6	71	78 88 88 ,9	11	20 37 ,0	34 ,0	41	75 92 ,6	1 26,5
12	13 33 33 ,3	42	46 66 66 ,7	72	80 0 0 ,0	12	22 22 ,2	37 ,0	42	77 77 ,8	1 29,6
13	14 44 44 ,4	43	47 77 77 ,8	73	81 11 11 ,1	13	24 7 ,4	40 ,1	43	79 63 ,0	1 32,7
14	15 55 55 ,6	44	48 88 88 ,9	74	82 22 22 ,2	14	25 92 ,6	43 ,2	44	81 48 ,1	1 35,8
15	16 66 66 ,7	45	50 0 0 ,0	75	83 33 33 ,3	15	27 77 ,8	46 ,3	45	83 33 ,3	1 38,9
16	17 77 77 ,8	46	51 11 11 ,1	76	84 44 44 ,4	16	29 63 ,0	49 ,4	46	85 18 ,5	1 42,0
17	18 88 88 ,9	47	52 22 22 ,2	77	85 55 55 ,6	17	31 48 ,1	52 ,5	47	87 3 ,7	1 45,1
18	20 0 0 ,0	48	53 33 33 ,3	78	86 66 66 ,7	18	33 33 ,3	55 ,6	48	88 88 ,9	1 48,1
19	21 11 11 ,1	49	54 44 44 ,4	79	87 77 77 ,8	19	35 18 ,5	58 ,6	49	90 74 ,1	1 51,2
20	22 22 22 ,2	50	55 55 55 ,6	80	88 88 88 ,9	20	37 3 ,7	61 ,7	50	92 59 ,3	1 54.3
21	23 33 33 ,3	51	56 66 66 ,7	81	90 0 0 ,0	21	38 88 ,9	64 ,8	51	94 44 ,4	1 57,7
22	24 44 44 ,4	52	57 77 77 ,8	82	91 11 11 ,1	22	40 74 ,1	67 ,9	52	96 29 ,6	1 60,5
23	25 55 55 ,6	53	58 88 88 ,9	83	92 22 22 ,2	23	42 59 ,3	71 ,0	53	98 14 ,8	1 63,6
24	26 66 66 ,7	54	60 0 0 ,0	84	93 33 33 ,3	24	44 44 ,4	74 ,1	54	1° 0′ 0″,0	1 66,7
25	27 77 77 ,8	55	61 11 11 ,1	85	94 44 44 ,4	25	46 29 ,6	77 ,2	55	1 1 85 ,2	1 69,8
26	28 88 88 ,9	56	62 22 22 ,2	86	95 55 55 ,6	26	48 14 ,8	80 ,2	56	1 3 70 ,4	1 72,8
27	30 0 0 ,0	57	63 33 33 ,3	87	96 66 66 ,7	27	50 0 ,0	83 ,3	57	1 5 55 ,6	1 75,9
28	31 11 11 ,1	58	64 44 44 ,4	88	97 77 77 ,8	28	51 85 ,2	86 ,4	58	1 7 40 ,7	1 79,0
29	32 22 22 ,2	59	65 55 55 ,6	89	98 88 88 ,9	29	53 70 ,4	89 ,5	59	1 9 25 ,9	1 82,1
30	33 33 33 ,3	60	66 66 66 ,7	90	100 0 0 ,0	30	55 55 ,6	92 ,6	60	1 11 11 ,1	1 85,2

TAVOLA III

Determinazione del livello vero colla sola misura dell'Arco.

Misura dell' arco o livello vero *metri*	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente *metri*	Eccesso del livello apparente sopra il vero *metri*	Misura dell' arco o livello vero *metri*	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente *metri*	Eccesso del livello apparente sopra il vero *metri*
	(0°)	(99°)				(0°)	(99°)		
20	0' 2"	99' 98"	Come la misura dell'Arco	0,0000	800	0' 80"	99' 20"	Come la misura dell'Arco	0,0503
40	4	96		0,0001	820	82	18		0,0528
60	6	94		0,0003	840	84	16		0,0554
80	8	92		0,0005	860	86	14		0,0581
100	10	90		0,0008	880	88	12		0,0608
120	12	88		0,0011	900	90	10		0,0636
140	14	86		0,0015	920	92	8		0,0665
160	16	84		0,0020	940	94	6		0,0694
180	18	82		0,0025	960	96	4		0,0724
200	20	80		0,0031	980	98	2		0,0754
220	22	78		0,0038	1000	1' 0"	99' 0		0,0785
240	24	76		0,0045	1020	2	98' 98"		0,0817
260	26	74		0,0053	1040	4	96		0,0849
280	28	72		0,0062	1060	6	94		0,0882
300	30	70		0,0071	1080	8	92		0,0916
320	32	68		0,0080	1100	10	90		0,0950
340	34	66		0,0091	1120	12	88		0,0985
360	36	64		0,0102	1140	14	86		0,1021
380	38	62		0,0113	1160	16	84		0,1057
400	40	60		0,0126	1180	18	82		0,1094
420	42	58		0,0138	1200	20	80		0,1131
440	44	56		0,0152	1220	22	78		0,1169
460	46	54		0,0166	1240	24	76		0,1208
480	48	52		0,0181	1260	26	74		0,1247
500	50	50		0,0196	1280	28	72		0,1287
520	52	48		0,0212	1300	30	70		0,1327
540	54	46		0,0229	1320	32	68		0,1368
560	56	44		0,0246	1340	34	66		0,1410
580	58	42		0,0264	1360	36	64		0,1453
600	60	40		0,0283	1380	38	62		0,1496
620	62	38		0,0302	1400	40	60		0,1539
640	64	36		0,0322	1420	42	58		0,1584
660	66	34		0,0342	1440	44	56		0,1629
680	68	32		0,0363	1460	46	54		0,1674
700	70	30		0,0385	1480	48	52		0,1720
720	72	28		0,0407	1500	50	50		0,1767
740	74	26		0,0430	1520	52	48		0,1815
760	76	24		0,0454	1540	54	46		0,1863
780	78	22		0,0478	1560	56	44		0,1911

Continuazione della Tavola III

Misura dell'arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Misura dell'arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*	*metri*			*metri*	*metri*
	(0°)	(99°)				(0°)	(99°)		
1580	1' 58"	98' 42"	Come la misura dell'Arco	0,1961	3800	3' 80"	96' 20"	Come la misura dell'Arco	1,1341
1600	60	40		0,2011	3900	90	10		1,1946
1620	62	38		0,2061	4000	4' 0"	96' 0"		1,2566
1640	64	36		0,2112	4100	10	95' 90"		1,3202
1660	66	34		0,2164	4200	20	80		1,3854
1680	68	32		0,2217	4300	30	70		1,4522
1700	70	30		0,2270	4400	40	60		1,5205
1720	72	28		0,2323	4500	50	50		1,5904
1740	74	26		0,2378	4600	60	40		1,6619
1760	76	24		0,2433	4700	70	30		1,7349
1780	78	22		0,2488	4800	80	20		1,8096
1800	80	20		0,2545	4900	90	10		1,8857
1820	82	18		0,2602	5000	5' 0"	95' 0"		1,9635
1840	84	16		0,2659	5100	10	94' 90"		2,0428
1860	86	14		0,2717	5200	20	80		2,1237
1880	88	12		0,2776	5300	30	70		2,2062
1900	90	10		0,2835	5400	40	60		2,2902
1920	92	8		0,2895	5500	50	50		2,3758
1940	94	6		0,2956	5600	60	40		2,4630
1960	96	4		0,3017	5700	70	30		2,5518
1980	98	2		0,3079	5800	80	20		2,6421
2000	2' 0"	98' 0"		0,3142	5900	90	10		2,7340
2100	10	97' 90"		0,3464	6000	6' 0"	94' 0"		2,8274
2200	20	80		0,3801	6100	10	93' 90"		2,9225
2300	30	70		0,4155	6200	20	80		3,0191
2400	40	60		0,4524	6300	30	70		3,1172
2500	50	50		0,4909	6400	40	60		3,2170
2600	60	40		0,5309	6500	50	50		3,3183
2700	70	30		0,5726	6600	60	40		3,4212
2800	80	20		0,6157	6700	70	30		3,5256
2900	90	10		0,6605	6800	80	20		3,6317
3000	3' 0"	97' 0"		0,7069	6900	90	10		3,739[illegible]
3100	10	96' 90"		0,7548	7000	7' 0"	93' 0"		3,8484
3200	20	80		0,8042	7100	10	92' 90"		3,9592
3300	30	70		0,8553	7200	20	80		4,0715
3400	40	60		0,9079	7300	30	70		4,1854
3500	50	50		0,9621	7400	40	60		4,3008
3600	60	40		1,0179	7500	50	50		4,4179
3700	70	30		1,0752	7600	60	40		4,536[illegible]

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*
	(0°)	(99°)		
7700	7′ 70″	92′ 30″	Come la misura dell'Arco	4,6500
7800	80	20		4,7784
7900	90	10		4,9017
8000	8′ 0″	92′ 0″		5,0265
8100	10	91′ 90″		5,1530
8200	20	80		5,2810
8300	30	70		5,4106
8400	40	60		5,5418
8500	50	50		5,6745
8600	60	40		5,8088
8700	70	30		5,9447
8800	80	20		6,0821
8900	90	10		6,2211
9000	9′ 0″	91′ 0″		6,3617
9100	10	90′ 90″		6,5039
9200	20	80		6,6476
9300	30	70		6,7929
9400	40	60		6,9398
9500	50	50		7,0882
9600	60	40		7,2382
9700	70	30		7,3898
9800	80	20		7,5430
9900	90	10		7,6977
10000	10′ 0″	90′ 0″		7,8540
11000	0° 11′	99° 89′		9,5002
12000	12	88		11,2964
13000	13	87		13,2725
14000	14	86		15,3887
15000	15	85		17,6649
16000	16	84		20,1011
17000	17	83		22,6973
18000	18	82		25,4334
19000	19	81		28,3496
20000	20	80		31,4158
21000	21	79		34,6328
22000	22	78		37,9997
23000	23	77		41,5467
24000	24	76		45,2337
25000	25	75		49,0807

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*
26000	0° 26′	99° 74′	Come la misura dell'Arco	53,0876
27000	27	73		57,2546
28000	28	72		61,5616
29000	29	71		66,0485
30000	30	70		70,6855
31000	31	69		75,4732
32000	32	68		80,4108
33000	33	67		85,5285
34000	34	66		90,7861
35000	35	65		96,2038
36000	36	64		101,7814
37000	37	63		107,520
38000	38	62		113,397
39000	39	61		119,455
40000	40	60		125,662
41000	41	59		132,021
42000	42	58		138,530
43000	43	57		145,220
44000	44	56		152,049
45000	45	55		159,038
46000	46	54		166,187
47000	47	53		173,496
48000	48	52		180,946
49000	49	51		188,575
50000	50	50	50001,0	196,354
51000	51	49	51001,1	204,332
52000	52	48	52001,1	212,412
53000	53	47	53001,2	220,673
54000	54	46	54001,3	229,073
55000	55	45	55001,3	237,633
56000	56	44	56001,4	246,353
57000	57	43	57001,5	255,233
58000	58	42	58001,6	264,252
59000	59	41	59001,7	273,454
60000	60	40	60001,8	282,756
61000	61	39	61001,9	292,257
62000	62	38	62002,0	301,908
63000	63	37	63002,0	311,739
64000	64	36	64002,1	321,710
65000	65	35	65002,2	331,842

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero metri	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente metri	Eccesso del livello apparente sopra il vero metri	Misura dell' arco o livello vero metri	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente metri	Eccesso del livello apparente sopra il vero metri
66000	0° 66′	99° 34′	66002,3	342,133	106000	1° 6′	98° 94′	106009,8	882,561
67000	67	33	67002,5	352,584	107000	7	93	107010,0	899,297
68000	68	32	68002,6	363,175	108000	8	92	108010,3	916,173
69000	69	31	69002,7	373,946	109000	9	91	109010,6	933,229
70000	70	30	70002,8	384,867	110000	10	90	110010,9	950,435
71000	71	29	71002,9	395,939	111000	11	89	111011,2	967,796
72000	72	28	72003,1	407,161	112000	12	88	112011,5	985,306
73000	73	27	73003,2	418,562	113000	13	87	113011,8	1003,00
74000	74	26	74003,3	430,104	114000	14	86	114012,2	1020,83
75000	75	25	75003,5	441,806	115000	15	85	115012,5	1038,82
76000	76	24	76003,6	453,668	116000	16	84	116012,8	1056,97
77000	77	23	77003,7	465,690	117000	17	83	117013,4	1075,28
78000	78	22	78003,9	477,851	118000	18	82	118013,5	1093,73
79000	79	21	79004,0	490,193	119000	19	81	119013,8	1112,36
80000	80	20	80004,2	502,685	120000	20	80	120014,2	1131,14
81000	81	19	81004,4	515,329	121000	21	79	121014,5	1150,07
82000	82	18	82004,5	528,123	122000	22	78	122014,9	1169,15
83000	83	17	83004,7	541,097	123000	23	77	123015,3	1188,41
84000	84	16	84004,8	554,211	124000	24	76	124015,7	1207,81
85000	85	15	85005,1	567,486	125000	25	75	125016,0	1227,38
86000	86	14	86005,2	580,920	126000	26	74	126016,5	1247,10
87000	87	13	87005,4	594,514	127000	27	73	127016,8	1266,98
88000	88	12	88005,6	608,248	128000	28	72	128017,3	1287,00
89000	89	11	89005,8	622,162	129000	29	71	129017,7	1307,20
90000	90	10	90006,0	636,226	130000	30	70	130018,0	1327,55
91000	91	9	91006,2	650,441	131000	31	69	131018,5	1348,05
92000	92	8	92006,4	664,806	132000	32	68	132018,9	1368,71
93000	93	7	93006,6	679,351	133000	33	67	133019,3	1389,54
94000	94	6	94006,8	694,036	134000	34	66	134019,7	1410,51
95000	95	5	95007,0	708,881	135000	35	65	135020,2	1431,65
96000	96	4	96007,3	723,886	136000	36	64	136020,6	1452,94
97000	97	3	96007,5	739,051	137000	37	63	137021,1	1474,39
98000	98	2	96007,7	754,356	138000	38	62	138021,6	1495,98
99000	99	1	96008,0	769,841	139000	39	61	139022,1	1517,76
100000	1° 0′	99° 0′	100008,2	785,476	140000	40	60	140022,5	1539,68
101000	1	98° 99′	101008,4	801,262	141000	41	59	141023,0	1561,76
102000	2	98	102008,6	817,198	142000	42	58	142023,5	1583,98
103000	3	97	103009,0	833,314	143000	43	57	143024,0	1606,39
104000	4	96	104009,2	849,570	144000	44	56	144024,5	1628,93
105000	5	95	105009,5	865,986	145000	45	55	145025,0	1651,64

Continuazione della Tavola III

Misura dell'arco o livello vero *metri*	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente *metri*	Eccesso del livello apparente sopra il vero *metri*	Misura dell'arco o livello vero *metri*	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente *metri*	Eccesso del livello apparente sopra il vero *metri*
146000	1° 46'	98° 54'	146025,6	1674,51	186000	1° 86'	98° 14'	186052,9	2718,12
147000	47	53	147026,1	1697,53	187000	87	13	187053,7	2747,44
148000	48	52	148026,7	1720,70	188000	88	12	188054,6	2776,90
149000	49	51	149027,2	1744,04	189000	89	11	189055,5	2806,54
150000	50	50	150027,8	1767,54	190000	90	10	190056,4	2836,33
151000	51	49	151028,3	1791,19	191000	91	9	191057,3	2866,28
152000	52	48	152028,9	1814,99	192000	92	8	192058,2	2896,37
153000	53	47	153029,4	1838,97	193000	93	7	193059,1	2926,65
154000	54	46	154030,0	1863,09	194000	94	6	194060,1	2957,06
155000	55	45	155030,6	1887,37	195000	95	5	195061,0	2987,64
156000	56	44	156031,3	1911,80	196000	96	4	196062,0	3018,30
157000	57	43	157031,8	1936,40	197000	97	3	197062,9	3049,27
158000	58	42	158032,4	1961,14	198000	98	2	198063,8	3080,31
159000	59	41	159033,0	1986,05	199000	99	1	199064,8	3111,52
160000	60	40	160033,7	2011,13	200000	2° 0'	98° 0'	200065,0	3142,89
161000	61	39	161034,3	2036,35	201000	1	97° 99'	201066,8	3174,41
162000	62	38	162035,0	2061,73	202000	2	98	202067,8	3206,07
163000	63	37	163035,6	2087,28	203000	3	97	203068,8	3237,93
164000	64	36	164036,2	2112,98	204000	4	96	204069,8	3269,92
165000	65	35	165037,0	2138,83	205000	5	95	205070,9	3302,07
166000	66	34	166037,6	2164,84	206000	6	94	206071,9	3334,37
167000	67	33	167038,2	2191,02	207000	7	93	207073,0	3366,84
168000	68	32	168039,0	2217,33	208000	8	92	208074,0	3399,45
169000	69	31	169039,6	2243,83	209000	9	91	209075,1	3432,24
170000	70	30	170040,4	2270,47	210000	10	90	210076,2	3465,18
171000	71	29	171041,1	2297,27	211000	11	89	211077,3	3498,27
172000	72	28	172041,9	2324,21	212000	12	88	212078,4	3531,52
173000	73	27	173042,6	2351,34	213000	13	87	213079,5	3564,94
174000	74	26	174043,3	2378,61	214000	14	86	214080,6	3598,50
175000	75	25	175044,1	2406,04	215000	15	85	215081,7	3632,23
176000	76	24	176044,8	2433,62	216000	16	84	216082,9	3666,11
177000	77	23	177045,6	2461,37	217000	17	83	217084,0	3700,15
178000	78	22	178046,4	2489,75	218000	18	82	218085,2	3734,33
179000	79	21	179047,2	2517,32	219000	19	81	219086,4	3768,70
180000	80	20	180048,0	2545,54	220000	20	80	220087,5	3803,21
181000	81	19	181048,8	2573,91	221000	21	79	221088,7	3837,88
182000	82	18	182049,6	2602,43	222000	22	78	222090,0	3872,70
183000	83	17	183050,4	2631,13	223000	23	77	223091,2	3907,70
184000	84	16	184051,2	2659,97	224000	24	76	224092,4	3942,84
185000	85	15	185052,1	2688,97	225000	25	75	225093,7	3978,15

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*	*metri*			*metri*	*metri*
226000	2° 26′	97° 74′	226095,0	4013,61	266000	2° 66′	97° 34′	266154,9	5561,21
227000	27	73	227096,2	4049,23	267000	67	33	267155,6	5603,14
228000	28	72	228097,5	4084,99	268000	68	32	268158,3	5645,21
229000	29	71	229098,8	4120,93	269000	69	31	269160,2	5687,46
230000	30	70	230100,1	4157,02	270000	70	30	270162,0	5729,86
231000	31	69	231101,4	4193,21	271000	71	29	271163,8	5772,42
232000	32	68	232102,7	4229,61	272000	72	28	272165,6	5815,12
233000	33	67	233104,0	4266,24	273000	73	27	273167,4	5858,01
234000	34	66	234105,3	4302,95	274000	74	26	274169,3	5901,03
235000	35	65	235106,8	4339,84	275000	75	25	275171,1	5944,22
236000	36	64	236108,1	4376,87	276000	76	24	276173,0	5987,56
237000	37	63	237109,5	4414,07	277000	77	23	277174,9	6031,07
238000	38	62	238111,0	4451,41	278000	78	22	278176,8	6074,72
239000	39	61	239112,4	4488,93	279000	79	21	279178,7	6118,54
240000	40	60	240113,8	4526,59	280000	80	20	280180,7	6162,52
241000	41	59	241115,2	4564,41	281000	81	19	281182,6	6206,65
242000	42	58	242116,6	4602,38	282000	82	18	282184,8	6250,94
243000	43	57	243118,1	4640,53	283000	83	17	283186,5	6295,40
244000	44	56	244119,5	4678,82	284000	84	16	284188,6	6340,00
245000	45	55	245121,0	4717,27	285000	85	15	285190,5	6384,77
246000	46	54	246122,5	4755,88	286000	86	14	286192,5	6429,69
247000	47	53	247124,0	4794,65	287000	87	13	287194,6	6474,77
248000	48	52	248125,5	4833,56	288000	88	12	288196,6	6519,99
249000	49	51	249127,0	4872,65	289000	89	11	289198,7	6565,40
250000	50	50	250128,6	4911,89	290000	90	10	290200,8	6610,95
251000	51	49	251130,1	4951,29	291000	91	9	291202,8	6656,66
252000	52	48	252131,7	4990,84	292000	92	8	292204,9	6702,52
253000	53	47	253133,3	5030,56	293000	93	7	293207,0	6748,56
254000	54	46	254134,9	5070,43	294000	94	6	294209,1	6794,74
255000	55	45	255136,5	5110,46	295000	95	5	295211,2	6841,08
256000	56	44	256138,1	5150,65	296000	96	4	296213,4	6887,57
257000	57	43	257139,7	5191,00	297000	97	3	297215,7	6934,23
258000	58	42	258141,3	5231,48	298000	98	2	298217,8	6981,03
259000	59	41	259142,8	5272,15	299000	99	1	299220,0	7028,01
260000	60	40	260144,6	5312,97	300000	3° 0′	97° 0′	300222,3	7075,14
261000	61	39	261146,3	5353,95	301000	1	96° 99′	301224,5	7122,43
262000	62	38	262148,0	5395,08	302000	2	98	302226,7	7169,87
263000	63	37	263149,7	5436,39	303000	3	97	303229,0	7217,49
264000	64	36	26415[illegible],4	5478,84	304000	4	96	304231,3	7265,25
265000	65	35	265153,2	5519,53	305000	5	95	305233,6	7313,18

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*	*metri*			*metri*	*metri*
306000	3° 6′	96° 94′	306236,0	7361,26	346000	3° 46′	96° 54′	346341,0	9414,06
307000	7	93	307238,2	7409,50	347000	47	53	347344,1	9468,63
308000	8	92	308240,5	7457,88	348000	48	52	348347,0	9523,33
309000	9	91	309242,9	7506,44	349000	49	51	349350,1	9578,22
310000	10	90	310245,2	7555,15	350000	50	50	350353,1	9633,25
311000	11	89	311247,6	7604,03	351000	51	49	351356,0	9688,44
312000	12	88	312250,0	7653,05	352000	52	48	352359,0	9743,77
313000	13	87	313252,3	7702,26	353000	53	47	353362,1	9799,29
314000	14	86	314254,9	7751,60	354000	54	46	354365,2	9854,94
315000	15	85	315257,3	7801,11	355000	55	45	355368,4	9910,76
316000	16	84	316259,8	7850,77	356000	56	44	356371,5	9966,73
317000	17	83	317262,3	7900,60	357000	57	43	357374,6	10022,87
318000	18	82	318264,7	7950,56	358000	58	42	358377,9	10079,14
319000	19	81	319267,3	8000,71	359000	59	41	359381,0	10135,60
320000	20	80	320269,8	8051,00	360000	60	40	360384,2	10192,2
321000	21	79	321272,3	8101,45	361000	61	39	361387,4	10249,0
322000	22	78	322174,9	8152,05	362000	62	38	362390,6	10305,9
323000	23	77	323277,4	8202,83	363000	63	37	363393,8	10363,0
324000	24	76	324280,0	8253,75	364000	64	36	364397,1	10420,3
325000	25	75	325282,6	8304,84	365000	65	35	365400,5	10477,7
326000	26	74	326285,2	8356,08	366000	66	34	366403,7	10535,3
327000	27	73	327287,8	8407,48	367000	67	33	367407,0	10593,0
328000	28	72	328290,5	8459,02	368000	68	32	368410,4	10650,9
329000	29	71	329293,2	8510,74	369000	69	31	369413,7	10709,0
330000	30	70	330295,8	8562,61	370000	70	30	370417,1	10767,2
331000	31	69	331298,6	8614,64	371000	71	29	371420,5	10825,6
332000	32	68	332301,3	8666,82	372000	72	28	372423,9	10884,1
333000	33	67	333304,1	8719,18	373000	73	27	373427,4	10942,7
334000	34	66	334306,8	8771,68	374000	74	26	374430,8	11001,6
335000	35	65	335309,5	8824,34	375000	75	25	375434,3	11060,6
336000	36	64	336312,3	8877,16	376000	76	24	376437,8	11119,8
337000	37	63	337315,1	8930,14	377000	77	23	377441,3	11179,1
338000	38	62	338318,0	8983,26	378000	78	22	378444,8	11238,5
339000	39	61	339320,7	9036,56	379000	79	21	379448,3	11298,2
340000	40	60	340323,6	9090,01	380000	80	20	380451,9	11358,0
341000	41	59	341326,5	9143,62	381000	81	19	381455,5	11418,0
342000	42	58	342329,4	9197,39	382000	82	18	382459,0	11478,0
343000	43	57	343332,3	9251,33	383000	83	17	383462,6	11538,3
344000	44	56	344335,2	9305,42	384000	84	16	384466,2	11598,7
345000	45	55	345338,0	9359,66	385000	85	15	385470,0	11659,3

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero (metri)	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente (metri)	Eccesso del livello apparente sopra il vero (metri)	Misura dell' arco o livello vero (metri)	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente (metri)	Eccesso del livello apparente sopra il vero (metri)
386000	3° 86'	96° 14'	386473,7	11720,1	426000	4° 26'	95° 74'	426637,0	14279,3
387000	87	13	387477,3	11780,9	427000	27	73	427641,5	14346,5
388000	88	12	388481,0	11842,0	428000	28	72	428646,0	14413,8
389000	89	11	389484,8	11903,2	429000	29	71	429650,5	14481,4
390000	90	10	390488,5	11964,6	430000	30	70	430655,0	14549,0
391000	91	9	391492,3	12026,2	431000	31	69	431659,7	14617,0
392000	92	8	392496,1	12087,6	432000	32	68	432664,3	14685,1
393000	93	7	393500,0	12149,7	433000	33	67	433668,9	14753,4
394000	94	6	394503,8	12211,7	434000	34	66	434673,5	14821,9
395000	95	5	395507,6	12273,9	435000	35	65	435678,2	14890,5
396000	96	4	396511,5	12336,2	436000	36	64	436682,9	14969,3
397000	97	3	397515,3	12398,7	437000	37	63	437687,7	15028,2
398000	98	2	398519,3	12461,3	438000	38	62	438692,4	15097,3
399000	99	1	399523,2	12524,2	439000	39	61	439697,1	15166,6
400000	4° 0'	96° 0'	400527,2	12587,1	440000	40	60	440701,8	15236,0
401000	1	95° 99'	401531,1	12650,2	441000	41	59	441706,7	15305,5
402000	2	98	402535,1	12713,5	442000	42	58	442711,6	15375,0
403000	3	97	403539,2	12776,9	443000	43	57	443716,4	15444,8
404000	4	96	404543,2	12840,5	444000	44	56	444721,2	15514,7
405000	5	95	405547,2	12904,3	445000	45	55	445726,1	15584,8
406000	6	94	406551,2	12968,2	446000	46	54	446731,1	15655,0
407000	7	93	407555,3	13032,2	447000	47	53	447736,0	15725,4
408000	8	92	408559,5	13096,4	448000	48	52	448741,0	15795,9
409000	9	91	409563,6	13160,9	449000	49	51	449746,0	15866,7
410000	10	90	410567,8	13225,4	450000	50	50	450751,0	15937,5
411000	11	89	411572,0	13290,1	451000	51	49	451756,0	16008,5
412000	12	88	412576,2	13354,9	452000	52	48	452761,0	16079,7
413000	13	87	413580,4	13420,0	453000	53	47	453766,0	16151,1
414000	14	86	414584,5	13485,2	454000	54	46	454771,1	16222,[illegible]
415000	15	85	415588,8	13550,5	455000	55	45	455776,3	16294,4
416000	16	84	416593,2	13616,0	456000	56	44	456781,4	16366,3
417000	17	83	417597,4	13681,6	457000	57	43	457786,5	16438,[illegible]
418000	18	82	418601,7	13747,5	458000	58	42	458791,7	16510,4
419000	19	81	419606,0	13813,5	459000	59	41	459796,9	16582,8
420000	20	80	420610,4	13879,6	460000	60	40	460802,1	16655,[illegible]
421000	21	79	421614,8	13945,8	461000	61	39	461807,4	16728,0
422000	22	78	422619,1	14012,2	462000	62	38	462812,7	16800,1
523000	23	77	423623,5	14078,7	463000	63	37	463818,0	16873,7
424000	24	76	424628,0	14145,5	464000	64	36	464823,3	16946,8
425000	25	75	425632,6	14212,3	465000	65	35	465828,6	17020,0

Continuazione della Tavola III

Misura dell'arco o livello vero (metri)	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente (metri)	Eccesso del livello apparente sopra il vero (metri)	Misura dell'arco o livello vero (metri)	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente (metri)	Eccesso del livello apparente sopra il vero (metri)
466000	4° 66'	95° 34'	466834,0	17093,5	506000	5° 6'	94° 94'	507068,1	20162,1
467000	67	33	467839,3	17167,1	507000	7	93	508074,4	20242,1
468000	68	32	468844,8	17240,8	508000	8	92	509080,9	20322,2
469000	69	31	469850,3	17314,8	509000	9	91	510087,3	20402,6
470000	70	30	470855,7	17388,8	510000	10	90	511092,6	20483,0
471000	71	29	471861,2	17463,1	511000	11	89	512100,2	20563,7
472000	72	28	472866,7	17537,4	512000	12	88	513106,7	20644,6
473000	73	27	473872,3	17612,0	513000	13	87	514113,2	20725,6
474000	74	26	474877,8	17686,8	514000	14	86	515119,7	20806,8
475000	75	25	475883,3	17761,7	515000	15	85	516126,3	20888,2
476000	76	24	476889,0	17836,7	516000	16	84	517133,0	20969,7
477000	77	23	477894,6	17911,9	517000	17	83	518139,5	21051,3
478000	78	22	478900,3	17987,3	518000	18	82	519146,1	21133,1
479000	79	21	479906,0	18062,8	519000	19	81	520153,0	21215,2
480000	80	20	480911,7	18138,5	520000	20	80	521159,4	21297,3
481000	81	19	481917,4	18214,4	521000	21	79	522166,2	21379,4
482000	82	18	482923,1	18290,3	522000	22	78	523173,0	21461,7
483000	83	17	483928,8	18366,5	523000	23	77	524179,6	21544,1
484000	84	16	484934,5	18442,8	524000	24	76	525186,4	21626,8
485000	85	15	485940,4	18519,3	525000	25	75	526193,4	21719,5
486000	86	14	486946,3	18596,0	526000	26	74	527200,2	21792,4
487000	87	13	487952,1	18672,7	527000	27	73	528207,1	21875,5
488000	88	12	488958,0	18749,7	528000	28	72	529214,0	21958,7
489000	89	11	489963,9	18826,8	529000	29	71	530220,8	22042,2
490000	90	10	490969,9	19904,1	530000	30	70	531327,8	22125,7
491000	91	9	491975,9	18981,5	531000	31	69	532234,8	22209,5
492000	92	8	492981,9	19069,1	532000	32	68	533242,1	22293,4
493000	93	7	493987,8	19136,8	533000	33	67	534248,7	22377,6
494000	94	6	494993,9	19214,8	534000	34	66	535255,8	22461,9
495000	95	5	495999,9	19292,8	535000	35	65	536263,0	22546,3
496000	96	4	497006,0	19371,0	536000	36	64	537270,1	22630,9
497000	97	3	498012,1	19449,4	537000	37	63	538277,1	22715,6
498000	98	2	499018,2	19527,9	538000	38	62	539284,3	22800,6
499000	99	1	500024,3	19606,7	539000	39	61	540291,6	22885,7
500000	5° 0'	95° 0'	501031,8	19685,5	540000	40	60	541298,9	22970,9
501000	1	94° 99'	502036,8	19764,6	541000	41	59	542306,0	23056,4
502000	2	98	503043,0	19843,7	542000	42	58	543313,2	23141,9
503000	3	97	504049,2	19923,1	543000	43	57	544310,6	23227,8
504000	4	96	505055,6	20002,6	544000	44	56	545327,9	23313,4
505000	5	95	506061,8	20082,3	545000	45	55	546335,[illegible]	23399,7

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*	*metri*			*metri*	*metri*
546000	5° 46'	94° 54'	547342,6	23486,0	586000	5° 86'	94° 14'	587660,7	27065,8
547000	47	53	548350,1	23572,3	587000	87	13	588669,1	27158,6
548000	48	52	549357,6	23659,1	588000	88	12	589677,7	27251,5
549000	49	51	550364,9	23745,6	589000	89	11	590686,3	27344,7
550000	50	50	551372,5	23832,5	590000	90	10	591695,0	27437,9
551000	51	49	552380,0	23919,5	591000	91	9	592703,7	27531,3
552000	52	48	553387,3	24006,6	592000	92	8	593712,1	27624,9
553000	53	47	554395,0	24094,0	593000	93	7	594721,1	27718,6
554000	54	46	555402,6	24181,5	594000	94	6	595729,7	27812,6
555000	55	45	556410,2	24269,1	595000	95	5	596738,5	27906,6
556000	56	44	557417,7	24356,9	596000	96	4	597747,	28000,8
557000	57	43	558425,3	24444,8	597000	97	3	598756,1	28095,2
558000	58	42	559433,2	24533,0	598000	98	2	599765,0	28189,7
559000	59	41	560441,1	24621,3	599000	99	1	600774,0	28284,5
560000	60	40	561448,7	24709,7	600000	6° 0'	94° 0'	601783,0	28379,3
561000	61	39	562456,6	24798,3	601000	1	93° 99'	602791,8	28474,4
562000	62	38	563464,4	24887,1	602000	2	98	603800,8	28569,5
563000	63	37	564472,2	24976,0	603000	3	97	604809,8	28664,9
564000	64	36	565480,2	25065,2	604000	4	96	605818,8	28760,4
565000	65	35	566488,0	25154,4	605000	5	95	606827,8	28856,1
566000	66	34	567496,1	25243,8	606000	6	94	607837,0	28952,0
567000	67	33	568504,0	25333,4	607000	7	93	608846,0	29047,9
568000	68	32	569511,8	25423,1	608000	8	92	609855,2	29144,1
569000	69	31	570519,9	25513,1	609000	9	91	610864,5	29240,4
570000	70	30	571528,0	25603,1	610000	10	90	611873,7	29336,9
571000	71	29	572536,1	25693,3	611000	11	89	612883,0	29433,6
572000	72	28	573544,3	25783,7	612000	12	88	613892,1	29530,3
573000	73	27	574552,4	25874,2	613000	13	87	614901,5	29627,3
574000	74	26	575560,5	25964,9	614000	14	86	615910,8	29724,4
575000	75	25	576568,6	26055,8	615000	15	85	616920,3	29821,7
576000	76	24	577577,0	26146,8	616000	16	84	617929,4	29919,1
577000	77	23	57858[illegible],1	26237,9	617000	17	83	618939,0	30016,7
578000	78	22	579593,2	26329,3	618000	18	82	619948,4	30114,4
579000	79	21	580601,6	26420,8	619000	19	81	620958,1	30212,4
580000	80	20	581610,0	26512,4	620000	20	80	621967,9	30310,4
581000	81	19	582618,4	26604,3	621000	21	79	622977,1	30408,7
582000	82	18	583626,6	26696,2	622000	22	78	623986,7	30507,0
583000	83	17	584635,3	26788,4	623000	23	77	624996,3	30605,6
584000	84	16	585643,7	26880,7	624000	24	76	626006,0	30704,3
585000	85	15	586652,0	26973,2	625000	25	75	627015,5	30803,2

Continuazione della Tavola III

Misura dell'arco o livello vero metri	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente metri	Eccesso del livello apparente sopra il vero metri	Misura dell'arco o livello vero metri	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente metri	Eccesso del livello apparente sopra il vero metri
626000	6° 26'	93° 74'	628025,3	30902,2	666000	6° 66'	93° 34'	668440,3	34996,4
627000	27	73	629035,0	31001,4	667000	67	33	669451,3	35102,0
628000	28	72	630044,9	31100,7	668000	68	32	670462,3	35207,8
629000	29	71	631054,7	31200,3	669000	69	31	671473,4	35313,8
630000	30	70	632064,6	31299,9	670000	70	30	672484,6	35419,9
631000	31	69	633074,4	31399,7	671000	71	29	673496,3	35526,2
632000	32	68	634084,3	31499,7	672000	72	28	674506,9	35632,6
633000	33	67	635094,1	31599,8	673000	73	27	675518,3	35749,3
634000	34	66	636104,1	31700,2	674000	74	26	676529,6	35846,1
635000	35	65	637114,1	31800,7	675000	75	25	677541,0	35953,0
636000	36	64	638124,3	41901,2	676000	76	24	678552,1	36060,1
637000	37	63	639134,4	32002,0	677000	77	23	679563,6	36167,3
638000	38	62	640144,4	32102,9	678000	78	22	680575,0	36274,8
639000	39	61	641154,7	32204,1	679000	79	21	681586,4	36382,4
640000	40	60	642164,9	32305,3	680000	80	20	682597,8	36490,1
641000	41	59	643174,9	32406,9	681000	81	19	683609,1	36598,1
642000	42	58	644185,1	32508,5	682000	82	18	684621,0	36706,1
643000	43	57	645195,4	32610,4	683000	83	17	685632,5	36814,4
644000	44	56	646205,6	32712,4	684000	84	16	686644,0	36922,8
645000	45	55	647216,1	32814,6	685000	85	15	687655,8	37031,4
646000	46	54	648226,4	32916,9	686000	86	14	688667,5	37140,2
647000	47	53	649236,7	33019,4	687000	87	13	689679,1	37259,0
648000	48	52	650247,1	33123,0	688000	88	12	690691,0	37358,1
649000	49	51	651257,6	33224,9	689000	89	11	691702,6	37467,4
650000	50	50	652268,1	33327,8	690000	90	10	692714,4	37576,7
651000	51	49	653278,4	33430,9	691000	91	9	693726,5	37686,3
652000	52	48	654289,1	33534,1	692000	92	8	694738,3	37795,9
653000	53	47	655299,9	33637,6	693000	93	7	695750,3	37905,8
654000	54	46	656310,3	33741,2	694000	94	6	696762,1	38015,8
655000	55	45	657321,0	33844,9	695000	95	5	697774,1	38126,0
656000	56	44	658331,7	33948,8	696000	96	4	698786,1	38236,4
657000	57	43	659342,4	34052,8	697000	97	3	699798,3	38346,8
658000	58	42	660353,0	34157,1	698000	98	2	700810,5	38457,5
659000	59	41	661364,0	34261,5	699000	99	1	701822,6	38568,3
660000	60	40	662374,7	34366,0	700000	7° 0'	93° 0'	702834,6	38679,3
661000	61	39	663385,4	34470,7	701000	1	92° 99'	703847,0	38790,5
662000	62	38	664396,3	34575,5	702000	2	98	704859,2	38901,8
663000	63	37	665407,3	34680,5	703000	3	97	705871,5	39013,2
664000	64	36	666418,3	34785,7	704000	4	96	706883,7	39124,9
665000	65	35	667429,1	34890,9	705000	5	95	707896,0	39236,7

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*	*metri*			*metri*	*metri*
706000	7° 6'	92° 94'	708908,3	39348,7	746000	7° 46'	92° 54'	749433,3	43960,2
707000	7	93	709921,0	39460,8	747000	47	53	750447,2	44078,8
708000	8	92	710933,5	39573,0	748000	48	52	751461,0	44197,5
709000	9	91	711945,8	39685,5	749000	49	51	752475,0	44316,5
710000	10	90	712958,3	39798,1	750000	50	50	753489,2	44435,5
711000	11	89	713970,8	39910,9	751000	51	49	754503,3	44554,8
712000	12	88	714983,5	40023,8	752000	52	48	755517,2	44674,2
713000	13	87	715996,0	40136,9	753000	53	47	756531,2	44893,8
714000	14	86	717007,0	40250,2	754000	54	46	757545,3	44913,6
715000	15	85	718021,6	40363,6	755000	55	45	758559,5	45033,5
716000	16	84	719034,3	40477,2	756000	56	44	759573,9	45153,6
717000	17	83	720047,0	40590,9	757000	57	43	760598,0	45273,8
718000	18	82	721059,8	40704,8	758000	58	42	761602,5	45394,2
719000	19	81	722072,6	40818,9	759000	59	41	762616,7	45514,6
720000	20	80	723085,6	40933,1	760000	60	40	763631,0	45635,5
721000	21	79	724098,5	41047,5	761000	61	39	764645,3	45756,5
722000	22	78	725111,5	41162,1	762000	62	38	765659,9	45877,5
723000	23	77	726124,5	41276,8	763000	63	37	766674,3	45998,8
724000	24	76	727137,3	41391,7	764000	64	36	767689,0	46120,2
725000	25	75	728150,5	41506,8	765000	65	35	768703,5	46241,8
726000	26	74	729163,6	41622,0	766000	66	34	769718,0	46363,5
727000	27	73	730176,6	41737,3	767000	67	33	770732,7	46485,4
728000	28	72	731190,0	41852,8	768000	68	32	771747,5	46607,4
729000	29	71	732203,1	41968,6	769000	69	31	772762,2	46729,7
730000	30	70	733216,5	42084,4	770000	70	30	773776,9	46852,0
731000	31	69	734229,7	42200,5	771000	71	29	774791,5	46974,5
732000	32	68	735243,0	42316,6	772000	72	28	775806,4	47097,2
733000	33	67	736256,5	42433,0	773000	73	27	776821,4	47220,0
734000	34	66	737269,7	42549,5	774000	74	26	777836,2	47343,0
735000	35	65	738283,1	42666,2	775000	75	25	778851,2	47466,2
736000	36	64	739296,7	42783,1	776000	76	24	779866,2	47589,5
737000	37	63	740310,1	42900,0	777000	77	23	780881,2	47712,9
738000	38	62	741323,8	43017,2	778000	78	22	781896,2	47836,5
739000	39	61	742337,3	43134,5	779000	79	21	782911,4	47960,4
740000	40	60	743351,0	43252,0	780000	80	20	783926,5	48084,3
741000	41	59	744364,5	43369,7	781000	81	19	784941,5	48208,5
742000	42	58	745378,3	43487,4	782000	82	18	785957,0	48332,8
743000	43	57	746392,0	43605,4	783000	83	17	786972,2	48457,3
744000	44	56	747405,7	43723,5	784000	84	16	787987,4	48582,0
745000	45	55	748419,5	43841,8	785000	85	15	789002,9	48706,8

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*	*metri*			*metri*	*metri*
786000	7° 86′	92° 14′	790018,2	48831,8	826000	0° 26′	99° 74′	830666,4	53964,5
787000	87	13	791033,5	48956,9	827000	27	73	831683,4	54096,1
788000	88	12	792049,0	49082,2	828000	28	72	832700,6	54227,9
789000	89	11	793062,9	49207,7	829000	29	71	833717,6	54359,9
790000	90	10	794080,0	49333,3	830000	30	70	834735,0	54492,0
791000	91	9	795095,5	49459,1	831000	31	69	835752,2	54624,4
792000	92	8	796111,2	49585,0	832000	32	68	836769,4	54756,8
793000	93	7	797127,0	49711,1	833000	33	67	837786,6	54889,5
794000	94	6	798142,7	49837,4	834000	34	66	838804,0	55022,3
795000	95	5	799158,4	49963,9	835000	35	65	839821,4	55155,3
796000	96	4	800174,2	50090,5	836000	36	64	840838,8	55288,5
797000	97	3	801190,2	50217,2	837000	37	63	841856,4	55421,7
798000	98	2	802205,7	50344,1	838000	38	62	842873,6	55555,2
799000	99	1	803221,7	50471,2	839000	39	61	843891,4	55688,8
800000	8° 0′	92° 0′	804237,7	50598,4	840000	40	60	844908,8	55822,6
801000	1	91° 99′	805253,9	50725,8	841000	41	59	845926,6	55956,6
802000	2	98	806269,7	50853,4	842000	42	58	846944,2	56090,7
803000	3	97	807285,7	50981,1	843000	43	57	847962,0	56225,0
804000	4	96	808301,9	51109,1	844000	44	56	848979,6	56359,5
805000	5	95	809318,0	51237,1	845000	45	55	849997,6	56494,1
806000	6	94	810334,2	51365,3	846000	46	54	851015,2	56628,8
807000	7	93	811350,6	51493,7	847000	47	53	852033,4	56763,7
808000	8	92	812366,7	51622,2	848000	48	52	853051,2	56898,8
809000	9	91	813383,0	51751,0	849000	49	51	854069,0	57034,1
810000	10	90	814399,2	51879,8	850000	50	50	855087,2	57169,5
811000	11	89	815415,7	52008,9	851000	51	49	856105,2	57305,2
812000	12	88	816432,0	52138,1	852000	52	48	857123,4	57440,9
813000	13	87	817448,5	52267,6	853000	53	47	858141,6	57576,9
814000	14	86	818465,0	52397,2	854000	54	46	859159,6	57713,0
815000	15	85	819481,9	52526,9	855000	55	45	860177,8	57839,3
816000	16	84	820498,4	52656,8	856000	56	44	861196,0	57985,7
817000	17	83	821514,9	52786,8	857000	57	43	862214,4	58122,3
818000	18	82	822531,8	52917,1	858000	58	42	863233,0	58259,0
819000	19	81	823548,4	53047,5	859000	59	41	864251,4	58396,0
820000	20	80	824564,9	53178,0	860000	60	40	865269,6	58533,0
821000	21	79	825581,7	53308,7	861000	61	39	866288,0	58670,3
822000	22	78	826598,7	53439,5	862000	62	38	867307,0	58807,7
823000	23	77	827615,6	53570,5	863000	63	37	868325,4	58945,3
824000	24	76	828632,4	53701,7	864000	64	36	869344,0	59083,1
825000	25	75	829640,2	53833,0	865000	65	35	870362,8	5922,10

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*	*metri*			*metri*	*metri*
866000	8° 66′	91° 34′	871381,4	59359,0	906000	9° 6′	90° 94′	912166,4	65016,9
867000	67	33	872400,0	59497,2	907000	7	93	913186,8	65161,7
868000	68	32	873418,8	59635,6	908000	8	92	914207,4	65162,1
869000	69	31	874437,8	59774,2	909000	9	91	915228,2	65451,8
870000	70	30	875456,8	59912,9	910000	10	90	916249,0	65597,1
871000	71	29	876475,4	60051,8	911000	11	89	917269,4	65742,6
872000	72	28	877494,4	60190,9	912000	12	88	918290,4	65888,2
873000	73	27	878513,6	60330,1	913000	13	87	919311,2	66033,9
874000	74	26	879532,6	60469,5	914000	14	86	920332,0	66180,0
875000	75	25	880551,8	60609,1	915000	15	85	921353,2	66326,1
876000	76	24	881571,0	60748,8	916000	16	84	922373,8	66472,3
877000	77	23	882590,2	60888,6	917000	17	83	923394,8	66618,7
878000	78	22	883609,2	61028,6	918000	18	82	924416,2	66765,3
879000	79	21	884628,6	61168,9	919000	19	81	925437,2	66912,1
880000	80	20	885648,0	61309,2	920000	20	80	926458,2	67059,5
881000	81	19	886667,4	61449,8	921000	21	79	927479,4	67206,7
882000	82	18	887687,0	61590,5	922000	22	78	928500,8	67354,0
883000	83	17	888706,4	61731,4	923000	23	77	929522,2	67501,4
884000	84	16	889725,6	61872,5	924000	24	76	930543,6	67649,1
885000	85	15	890745,2	62013,7	925000	25	75	931564,8	67796,9
886000	86	14	891764,8	62155,1	926000	26	74	932586,2	67944,9
887000	87	13	892784,4	62296,6	927000	27	73	933607,6	60093,0
888000	88	12	893804,0	62438,3	928000	28	72	934629,2	68241,2
889000	89	11	894823,8	62580,2	929000	29	71	935650,8	68389,7
890000	90	10	895843,6	62722,3	930000	30	70	936672,6	68538,3
891000	91	9	896863,4	62864,5	931000	31	69	937694,0	68687,2
892000	92	8	897883,4	63006,8	932000	32	68	938716,0	68836,1
893000	93	7	898903,2	63149,3	933000	33	67	939737,4	68985,3
894000	94	6	899923,2	63292,0	934000	34	66	940759,4	69134,6
895000	95	5	900943,2	63434,8	935000	35	65	941781,2	69284,1
896000	96	4	901963,2	63577,8	936000	36	64	942803,2	69433,7
897000	97	3	902983,4	63720,9	937000	37	63	943825,2	69583,5
898000	98	2	904003,8	63864,2	938000	38	62	944847,2	69733,4
899000	99	1	905023,8	64007,7	939000	39	61	945869,2	69883,6
900000	9° 0′	91° 0′	906044,0	64151,3	940000	40	60	946891,2	70033,8
901000	1	90° 99′	907064,4	64295,2	941000	41	59	947913,4	70184,3
902000	2	98	908084,6	64439,2	942000	42	58	948935,6	70334,9
903000	3	97	909105,0	64583,3	943000	43	57	949958,0	70485,8
904000	4	96	910125,4	64727,7	944000	44	56	950980,2	70636,8
905000	5	95	911145,8	64872,2	945000	45	55	952002,6	70787,9

Continuazione della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*	*metri*			*metri*	*metri*
946000	9° 46′	94° 54′	953015,0	70939,2	985000	9° 85′	90° 15′	992936,2	76969,0
947000	47	53	954047,2	71090,6	986000	86	14	993960,4	77126,9
948000	48	52	955069,6	71242,3	987000	87	13	994984,4	77285,0
949000	49	51	956092,4	71394,1	988000	88	12	996009,2	77443,2
950000	50	50	957114,9	71546,0	989000	89	11	997033,9	77601,7
951000	51	49	958137,6	71698,2	990000	90	10	998058,2	77760,2
952000	52	48	959160,2	71850,4	991000	91	9	999082,7	77919,0
953000	53	47	960182,9	72002,9	992000	92	8	1000108	78077,9
954000	54	46	961205,7	72155,5	993000	93	7	1001132	78236,9
955000	55	45	962228,4	72308,3	994000	94	6	1002151	78396,2
956000	56	44	963251,4	72461,2	995000	95	5	1003180	78555,6
957000	57	43	964274,2	72614,3	996000	96	4	1004207	78715,2
958000	58	42	965297,5	72767,5	997000	97	3	1005230	78874,9
959000	59	41	966320,2	72921,0	998000	98	2	1006251	79034,7
960000	60	40	967343,4	73074,5	999000	99	1	1007280	79194,8
961000	61	39	968366,6	73228,3	1000000	10°	90°	1008306	79355,0
962000	62	38	969389,4	73382,3	1100000	11	89	1111080	96230,9
963000	63	37	970412,9	73536,4	1200000	12	88	1214420	114796
964000	64	36	971436,2	73690,7	1300000	13	87	1318370	135078
965000	65	35	972459,2	73845,2	1400000	14	86	1423010	157101
966000	66	34	973482,9	73999,8	1500000	15	85	1528390	180896
967000	67	33	974506,2	74154,5	1600000	16	84	1634561	206493
968000	68	32	975529,7	74309,4	1700000	17	83	1741591	233925
969000	69	31	976553,0	74464,6	1800000	18	82	1849550	263229
970000	70	30	977576,7	74619,8	1900000	19	81	1958497	294447
971000	71	29	978600,4	74775,3	2000000	20	80	2068500	327618
972000	72	28	979624,0	74930,9	2100000	21	79	2179636	362791
973000	73	27	980647,4	75086,7	2200000	22	78	2291971	400013
974000	74	26	981671,4	75242,7	2300000	23	77	2405585	439338
975000	75	25	982695,2	75398,8	2400000	24	76	2520555	480821
976000	76	24	983719,0	75555,0	2500000	25	75	2636965	524525
977000	77	23	984743,0	75711,4	2600000	26	74	2754900	570512
978000	78	22	985767,0	75868,0	2700000	27	73	2874450	618851
979000	79	21	986791,0	76024,8	2800000	28	72	2995705	669619
980000	80	20	987815,0	76181,7	2900000	29	71	3118768	722891
981000	81	19	988839,0	76338,9	3000000	30	70	3243740	778752
982000	82	18	989863,2	76496,1	3100000	31	69	3370727	837293
983000	83	17	990887,2	76653,6	3200000	32	68	3499845	898607
984000	84	16	991911,7	76811,2	3300000	33	67	3631215	962798

***

Compimento della Tavola III

Misura dell' arco o livello vero *metri*	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente *metri*	Eccesso del livello apparente sopra il vero *metri*
3400000	34°	66°	3764960	1029975
3500000	35	65	3901210	1100253
3600000	36	64	4040110	1173758
3700000	37	63	4181810	1250625
3800000	38	62	4326462	1330993
3900000	39	61	4474240	1415013
4000000	40	60	4625314	1502865
4100000	41	59	4779875	1594685
4200000	42	58	4938130	1690697
4300000	43	57	5100285	1791091
4400000	44	56	5266576	1896083
4500000	45	55	5437246	2005905
4600000	46	54	5612560	2120807
4700000	47	53	5792792	22410[illegible]9
4800000	48	52	5978257	2366960
4900000	49	51	6169276	2498814
5000000	50	50	6366198	2636964

TAVOLA IV

pilogo della determinazione del livello vero di grado in grado per 50 primi gr. cent.

Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Misura dell' arco o livello vero	Angolo centrale	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
metri			*metri*	*metri*	*metri*			*metri*	*metri*
100000	1°	99°	100008	785	2600000	26°	74°	2754900	570512
200000	2	98	200066	3143	2700000	27	73	2874450	618851
300000	3	97	300222	7075	2800000	28	72	2995705	669619
400000	4	96	400527	12587	2900000	29	71	3118768	722891
500000	5	95	501032	19686	3000000	30	70	3243740	778752
600000	6	94	601783	28379	3100000	31	69	3370727	837293
700000	7	93	702835	38679	3200000	32	68	3499845	898607
800000	8	92	804238	50598	3300000	33	67	3631215	962798
900000	9	91	906044	64151	3400000	34	66	3764960	1029975
1000000	10	90	1008306	79355	3500000	35	65	3901210	1100253
1100000	11	89	1111080	96231	3600000	36	64	4040110	1173758
1200000	12	88	1214420	114796	3700000	37	63	4181810	1250625
1300000	13	87	1318370	135078	3800000	38	62	4326462	1330993
1400000	14	86	1423010	157101	3900000	39	61	4474240	1415013
1500000	15	85	1528390	180896	4000000	40	60	4625314	1502855
1600000	16	84	1634561	206493	4100000	41	59	4779875	1594685
1700000	17	83	1741591	233925	4200000	42	58	4938130	1690697
1800000	18	82	1849550	263229	4300000	43	57	5100285	1791091
1900000	19	81	1958497	294447	4400000	44	56	5266576	1896083
2000000	20	80	2068500	327618	4500000	45	55	5437246	2005905
2100000	21	79	2179636	362791	4600000	46	54	5612560	2120807
2200000	22	78	2291971	400013	4700000	47	53	5792792	2241059
2300000	23	77	2405585	439338	4800000	48	52	5978257	2366960
2400000	24	76	2520555	480821	4900000	49	51	6169276	2498814
2500000	25	75	2636965	524525	5000000	50	50	6366198	2636964

TAVOLA IV (*bis.*)

Delle determinazioni del livello vero *in ognuno dei primi* 45 *gradi nonagesimali espresse in* tese *di Parigi.*

Angolo centrale	Misura dell'arco o livello vero	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero	Angolo centrale	Misura dell'arco o livello vero	Angolo della secante colla tangent.	Misura della tangente o livello apparente	Eccesso del livello apparente sopra il vero
	tese		*tese*	*tese*		*tese*		*tese*	*tese*
0°	00000	90°	infinita	000	23°	1311189	67°	1386475	282081
1	57008	89	57014	498	24	1368197	66	1454265	309114
2	114016	88	114063	991	25	1425206	65	1523115	337667
3	171025	87	171181	4483	26	1482214	64	1593096	367795
4	228033	86	228404	7976	27	1539222	63	1664279	399557
5	285041	85	285767	12477	28	1596230	62	1736739	433018
6	342049	84	343305	17993	29	1653238	61	1810557	468242
7	399058	83	401055	24530	30	1710247	60	1885817	505303
8	456066	82	459053	32100	31	1767255	59	1962610	544280
9	513074	81	517336	40716	32	1824263	58	2041030	585256
10	570082	80	575942	50388	33	1881271	57	2121181	628322
11	627090	79	634910	61135	34	1938280	56	2203168	673576
12	684099	78	694280	72972	35	1995288	55	2287109	721123
13	741107	77	754092	85918	36	2052296	54	2373128	771076
14	798115	76	814388	99994	37	2109304	53	2461357	823559
15	855123	75	875211	115224	38	2166312	52	2551937	878703
16	912132	74	936605	131631	39	2223321	51	2645022	936652
17	969140	73	998617	149244	40	2280329	50	2740777	997561
18	1026148	72	1061295	168093	41	2337337	49	2839379	1061600
19	1083156	71	1124688	188208	42	2394345	48	2941017	1128951
20	1140164	70	1188847	209625	43	2451354	47	3045904	1199813
21	1197173	69	1253827	232384	44	2508362	46	3154259	1274403
22	1254181	68	1319684	256520	45	2565370	45	3266331	1352958

NB. Questa Tavola fu calcolata dopo l'impressione del testo, per esprimere l'epilogo dei rapporti tra il livello apparente ed il vero, anche coll'antica notissima misura di Parigi, di cui la *tesa* è composta di sei *piedi*, ed il *piede* è riferibile al *metro* cogli elementi esposti nel § 11 della Parte I.

TAVOLA V

Correzione pell' abbassamento cagionato dalla rifrazione terrestre.

Distanza in Metri	Abbassamento cagionato dalla rifrazione	Distanza in Metri	Abbassamento cagionato dalla rifrazione	Distanza in Metri	Abbassamento cagionato dalla rifrazione	Distanza in Metri	Abbassamento cagionato dalla rifrazione	Distanza in Metri	Abbassamento cagionato dalla rifrazione
	metri		*metri*		*metri*		*metri*		*metri*
20	0,0000	740	0,0069	1460	0,0268	2900	0,1057	6500	0,5309
40	0,0000	760	0,0073	1480	0,0275	3000	0,1131	6600	0,5474
60	0,0000	780	0,0076	1500	0,0283	3100	0,1208	6700	0,5641
80	0,0001	800	0,0080	1520	0,0290	3200	0,1287	6800	0,5811
100	0,0001	820	0,0084	1540	0,0298	3300	0,1368	6900	0,5983
120	0,0002	840	0,0089	1560	0,0306	3400	0,1453	7000	0,6157
140	0,0002	860	0,0093	1580	0,0314	3500	0,1539	7100	0,6335
160	0,0003	880	0,0097	1600	0,0322	3600	0,1629	7200	0,6514
180	0,0004	900	0,0102	1620	0,0330	3700	0,1720	7300	0,6697
200	0,0005	920	0,0106	1640	0,0338	3800	0,1815	7400	0,6881
220	0,0006	940	0,0111	1660	0,0346	3900	0,1911	7500	0,7069
240	0,0007	960	0,0116	1680	0,0355	4000	0,2011	7600	0,7258
260	0,0008	980	0,0121	1700	0,0363	4100	0,2112	7700	0,7451
280	0,0010	1000	0,0126	1720	0,0372	4200	0,2217	7800	0,7645
300	0,0011	1020	0,0131	1740	0,0380	4300	0,2323	7900	0,7843
320	0,0013	1040	0,0136	1760	0,0389	4400	0,2433	8000	0,8042
340	0,0014	1060	0,0141	1780	0,0398	4500	0,2545	8100	0,8245
360	0,0016	1080	0,0147	1800	0,0407	4600	0,2659	8200	0,8450
380	0,0018	1100	0,0152	1820	0,0416	4700	0,2776	8300	0,8657
400	0,0020	1120	0,0158	1840	0,0425	4800	0,2895	8400	0,8867
420	0,0022	1140	0,0163	1860	0,0435	4900	0,3017	8500	0,9079
440	0,0024	1160	0,0169	1880	0,0444	5000	0,3142	8600	0,9294
460	0,0027	1180	0,0175	1900	0,0454	5100	0,3268	8700	0,9511
480	0,0029	1200	0,0181	1920	0,0463	5200	0,3398	8800	0,9731
500	0,0031	1220	0,0187	1940	0,0473	5300	0,3530	8900	0,9954
520	0,0034	1240	0,0193	1960	0,0483	5400	0,3664	9000	1,0179
540	0,0037	1260	0,0199	1980	0,0493	5500	0,3801	9100	1,0406
560	0,0039	1280	0,0206	2000	0,0503	5600	0,3941	9200	1,0636
580	0,0042	1300	0,0212	2100	0,0554	5700	0,4083	9300	1,0869
600	0,0045	1320	0,0219	2200	0,0608	5800	0,4227	9400	1,1104
620	0,0048	1340	0,0226	2300	0,0665	5900	0,4374	9500	1,1341
640	0,0051	1360	0,0232	2400	0,0724	6000	0,4524	9600	1,1581
660	0,0055	1380	0,0239	2500	0,0785	6100	0,4676	9700	1,1824
680	0,0058	1400	0,0246	2600	0,0849	6200	0,4830	9800	1,2069
700	0,0062	1420	0,0253	2700	0,0916	6300	0,4988	9900	1,2316
720	0,0065	1440	0,0261	2800	0,0985	6400	0,5147	10000	1,2566

TAVOLA VI

Che serve all' uso dell' Orosmetro o del Clitometro per tracciare sulle Opere le pendenze determinate (V. § 82 P. II) NB. *La misura degli angoli è l'antica.*

Ragione astratta nella pendenza tra li cateti		Caduta verticale corrispondente all'indicata ragione per ogni metro orizzontale di pendenza	Angolo della pendenza colla orizzontale			Ragione astratta nella pendenza tra li cateti		Caduta verticale corrispondente all'indicata ragione per ogni metro orizzontale di pendenza	Angolo della pendenza colla orizzontale		
verticale	*orizzont.*		*gradi*	*minuti*	*secondi*	*verticale*	*orizzont.*		*gradi*	*minuti*	*secondi*
1	$\frac{1}{10}$	*mt.* 10,000	84°	17′	22″	1	6	*mt.* 0,167	9°	27′	45″
1	$\frac{1}{9}$	» 9,000	83	39	35	1	7	» 0,143	8	7	48
1	$\frac{1}{8}$	» 8,000	82	52	30	1	8	» 0,125	7	7	30
1	$\frac{1}{7}$	» 7,000	81	52	12	1	9	» 0,111	6	20	25
1	$\frac{1}{6}$	» 6,000	80	32	15	1	10	» 0,100	5	42	38
1	$\frac{1}{5}$	» 5,000	78	41	25	1	11	» 0,0909	5	11	40
1	$\frac{1}{4}$	» 4,000	75	57	39	1	12	» 0,0833	4	45	48
1	$\frac{1}{2}$	» 2,000	63	26	6	1	13	» 0,0769	4	24	0
1	$\frac{3}{4}$	» 1,500	53	7	48	1	14	» 0,0714	4	5	8
1	1 —	» 1,000	45	0	0	1	15	» 0,0667	3	48	48
1	1 $\frac{1}{4}$	» 0,800	38	39	39	1	16	» 0,0625	3	34	34
1	1 $\frac{1}{2}$	» 0,667	33	41	24	1	17	» 0,0588	3	22	0
1	1 $\frac{3}{4}$	» 0,571	29	44	41	1	18	» 0,0555	3	10	47
1	2 —	» 0,500	26	33	56	1	19	» 0,0526	3	0	46
1	2 $\frac{1}{4}$	» 0,444	23	57	46	1	20	» 0,0500	2	51	45
1	2 $\frac{1}{2}$	» 0,400	21	48	5	1	21	» 0,0476	2	43	33
1	2 $\frac{3}{4}$	» 0,364	19	59	0	1	22	» 0,0455	2	36	9
1	3 —	» 0,333	18	26	6	1	23	» 0,0435	2	29	32
1	3 $\frac{1}{4}$	» 0,308	17	6	11	1	24	» 0,0417	2	23	10
1	3 $\frac{1}{2}$	» 0,286	15	56	43	1	25	» 0,0400	2	17	26
1	3 $\frac{3}{4}$	» 0,267	14	55	53	1	50	» 0,0200	1	8	46
1	4 —	» 0,250	14	2	11	1	100	» 0,0100	0	34	21
1	5 —	» 0,200	11	18	35	1	200	» 0,0050	0	17	11

Pag.	Lin.	ERRORI	CORREZIONI
2	20	al suo	allo
ivi	35	col	dal
3	40	alla	nella
4	20	alla	nella
7	19	logaritmi	logaritmi,
13	18	ad	ed
15	24	naturalista;	naturalista,
nelle parti II e III in molti siti		occulare-ri nonnio	oculare-ri nonio
22	14	precedenri	precedenti
ivi	37	ragio	raggio
25	22	Ordinariamente	Ordinariamente;
26	15	cilindretto	cilindro
27	42	caminava	camminava
28	30	estremo	esterno
29	24	ehe	che
31	6	parte superiore	parte
33	30	orizzontatrici	orizzontatrici.
34	22	aumenterà	numererà
33	36	*bi-convessa,*	*bi-convessa)*
40	33	della	delle
43	34	*s s s s*	*s s s s,*
44	16	appoggi	appoggj
49	9	47	4
ivi	38	luugo	lungo
58	10	trasmntazione	trasmutazione
59	9	*ACMC*	*A C M C'*
ivi	14	*A C*	*A C'*
60	40	semicerchj	semicerchj,
62	12	250 ai	250
70	13	*n n*	*n h*
ivi	31	*C*	*c*
ivi	37	*C*	*c*
71	23	distinguerne	distinguere
74	14	corrispondino	corrispondano
ivi	18	eccedi	ecceda
81	13	corrispondi	corrisponda
107	35	$\mp f\ z\ g'\ s''$	$f'\ z = g'\ s''$
109	39	1008300	1008306
110	35	Nella corrispondenza definitiva	Nelle corrispondenze definitive

Nelle Tavole non si è trovato alcun errore, benchè rivedute con molta attenzione.

7.
18. bis
25.
I Idrometro
Idrometro II